

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

институт

Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Э.А. Петровский

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

21.03.01.07 – Эксплуатация и обслуживание технологических
объектов нефтегазового комплекса

код – наименование направления

Модернизация гидроциклона

тема

Руководитель

подпись, дата

Зав. Лаб. ТМОНГК

должность, ученая степень

Р.С.Привалихин

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

В.О.Абрамович

инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

институт

Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Э.А. Петровский

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2016 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту Абрамович Владимир Олегович
(фамилия, имя, отчество)

Группа ГБ 12-07 Направление Эксплуатация и обслуживание
(код) (наименование)

технологических объектов нефтегазового комплекса

Тема выпускной квалификационной работы _____

Модернизация гидроциклона

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР _____ Привалихин Руслан Сергеевич

(инициалы, фамилия, место работы и должность)

Исходные данные для ВКР Ориентировочные геометрические характеристики гидроциклона, физико-механические характеристики применяемых материалов, техническое задание на проектирование, чертежи деталей гидроциклона, патенты, литература, технологические характеристики для изготовления гидроциклона.

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР) Патентно-литературный обзор; Цели и задачи; Геометрическое моделирование, проведение математического расчета гидроциклона. Проведение анализа полученных результатов; Техническое предложение по модернизации гидроциклона с применением новых материалов на основе сверхмолекулярных полиэтиленов; Разработка технологии получения материалов и изготовление деталей гидроциклона. Планирование эксперимента и подготовка материалов к проведению экспериментальных работ.

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов: Сборочный чертеж гидроциклона, чертежи деталей, технологическая схема изготовления деталей гидроциклона.

Руководитель ВКР _____

подпись

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____

подпись, инициалы и фамилия студента

« ____ » _____ 20__ г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Модернизация гидроциклона» содержит 83 страниц текстового документа, 5 приложений, 19 использованных источников, 5 листов графического материала.

ИЗНОС, ГИДРОЦИКЛОН, ПЕСКОВАЯ НАСАДКА, ИСТИРАНИЕ, ЭКСПЕРИМЕНТ, ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРЕСС, МОДЕРНИЗАЦИЯ, КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ СВМПЭ. СВЕРХВЫСОКОМАЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА.

Объект работы – Гидроциклоны

Цель работы:

Произвести модернизацию гидроциклона за счет использования нового композитного материала на основе СВМПЭ.

Задачи работы:

—Анализ конструкций гидроциклонов и материалов в составе гидроциклонов, обоснование предложенного нововведения

—Планирование эксперимента;

—Проведение мероприятий по подготовке к экспериментальной работе;

—Разработка и изготовление технологического оборудования для получения нового композитного материала на основе СВМПЭ

—Получение заготовок из нового материала

—Твердотельное моделирование, разработка технологического процесса получения деталей гидроциклона и изготовление деталей гидроциклона.

В результате сравнительного анализа материалов гидроциклонов было выявлено значительное превосходство композитного материала на основе СВМПЭ.

В итоге произведена модернизация за счет применения нового материала в составе деталей гидроциклона.

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ И МАТЕРИАЛОВ.....	9
1.1 Классификация гидроциклонов.....	9
1.1.1 Открытые гидроциклоны.....	10
1.1.2 Роторные гидроциклоны.....	15
1.1.3 Напорные гидроциклоны.....	16
1.2 Маркетинговое исследование применяемых материалов.....	21
1.2.1 Нехmetal.....	22
1.2.2 Текучий бетон.....	22
1.2.3 Керамическая футеровка.....	23
1.2.4 Каменное литье.....	24
1.2.5 Резиновая футеровка.....	25
1.2.6 Полиуретановая футеровка.....	25
1.3 Вывод.....	28
Глава 2. Выбор конструкции.....	29
2.1 Техническое задание на исследование и проектирование гидроциклона.....	29
2.1.1 Описание составных частей установки для очистки бурового раствора.....	29
2.1.2 Требования назначения.....	31
2.1.3 Требования надежности.....	31
2.1.4 Требование безопасности.....	31
2.2 Техническое предложение.....	32
2.2.1 Введение.....	32
2.2.2 Обоснования предлагаемого решения.....	32
2.2.3 Стойкость к агрессивным средам.....	33
2.3 Вывод.....	34
Глава 3. Расчет и моделирование гидроциклона.....	35

3.1 Гидравлический расчет гидроциклона.....	35
3.2 Твердотельная модель экспериментального гидроциклона.....	40
3.2.1 Корпус.....	41
3.2.2 Сливная насадка.....	42
3.2.3 Песковая насадка.....	43
3.2.4 Сборка твердотельной модели.....	43
3.3 Вывод.....	44
Глава 4. Подготовка к эксперименту.....	45
4.1 Установка.....	46
4.1.1 Описание рабочего процесса установки.....	46
4.1.2 Описание установки.....	48
4.1.3 План проведения эксперимента.....	55
4.1.4 Виды песковых насадок.....	56
4.1.5 Вывод.....	60
4.2 Технология изготовления песковых насадок.....	60
4.2.1 Технология изготовления песковой насадки из чугуна СЧ 18-28.....	60
4.2.2 Технология изготовления песковой насадки из композитного материала на основе СВМПЭ.....	63
4.3 Методы определения износа.....	75
4.3.1 Метод микрометража.....	76
4.3.2 Массовый метод.....	76
4.3.3 Метод по содержанию продуктов износа в рабочей среде.....	76
4.3.4 Метод радиоактивных изотопов.....	77
4.3.5 Обзор методов.....	77
4.3.6 Используемая аппаратура.....	77
4.3.6 Вывод.....	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	83

ВВЕДЕНИЕ

Бурение нефтяных скважин – это процесс, в ходе которого разрушаются горные породы, и раздробленные частицы выносятся на поверхность. Оно может быть ударным или вращательным. При ударном бурении породу крошат тяжелыми ударами бурового инструмента, и раздробленные частицы выносятся из скважины водным раствором. При вращательном бурении срезанные обломки породы поднимаются на поверхность с помощью рабочей жидкости, циркулирующей в скважине. Тяжелая буровая колонна, вращаясь, давит на долото, которое и разрушает породу. Скорость проходки при этом зависит и от характера породы, и от качества оборудования, и от мастерства бурильщика.

Очень важную роль играет буровой раствор, который не только выносит на поверхность частицы породы, но и работает в качестве смазки и охладителя буровых инструментов. Он же способствует образованию глинистой корки на стенках скважины. [1]

Поступающие в буровой раствор частицы выбуренной породы оказывают вредное влияние на его основные технологические свойства, следовательно, и на технико-экономические показатели бурения, поэтому очистке буровых растворов от вредных примесей уделяют особое внимание.

Содержание шлама в буровых растворах регулируется трехступенчатой системой очистки — на вибрационных ситах, пескоотделителе и илоотделителе.

Кроме того, в наиболее неблагоприятных условиях перед очисткой от шлама буровой раствор обрабатывают реагентами-флокулянтами, которые позволяют повысить эффективность работы очистных устройств. [2]

Несмотря на то, что система очистки сложна и обладает высокой стоимостью на закупку и обслуживание агрегатов, в большинстве случаев применение ее рентабельно в следствие:

—значительного увеличения скоростей бурения;

- сокращения расходов на регулирование свойств бурового раствора;
- уменьшения степени осложненности ствола;
- удовлетворения требований защиты окружающей среды;
- Увеличивается срок службы буровых долот и скорость проходки скважин;
- Уменьшается время простоя из-за износа буровых насосов.

Стоит отметить, что пескоотделитель и илоотделитель в системе очистки бурового раствора являются агрегатами гидроциклонного типа.

Целью данной работы является модернизация гидроциклона.

Задачи работы:

- Предложение модернизации гидроциклона за счет замены материала на композит на основе СВМПЭ;
- Обоснование предложенного нововведения;
- Подготовка к эксперименту.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ И МАТЕРИАЛОВ

1.1 Классификация гидроциклонов

По назначению:

- осветлители – для очистки жидкостей от твердых частиц;
- сгустители – для сгущения суспензий;
- классификаторы – для разделения жидких дисперсных материалов по размеру, плотности или форме включений;
- дегазаторы – для очистки жидкостей от растворенных газов;
- для разделения эмульсий.

По количеству потоков на выходе:

- двухпотоковые;
- многопотоковые.

По форме корпуса:

- цилиндрические;
- конусно-цилиндрические.

По взаимному направлению движения потоков:

- прямоточные (однонаправленные);
- противоточные.

По способу передачи среде вращения (Рисунок 1):

- напорные;
- низконапорные (открытые);
- роторные (турбоциклоны).

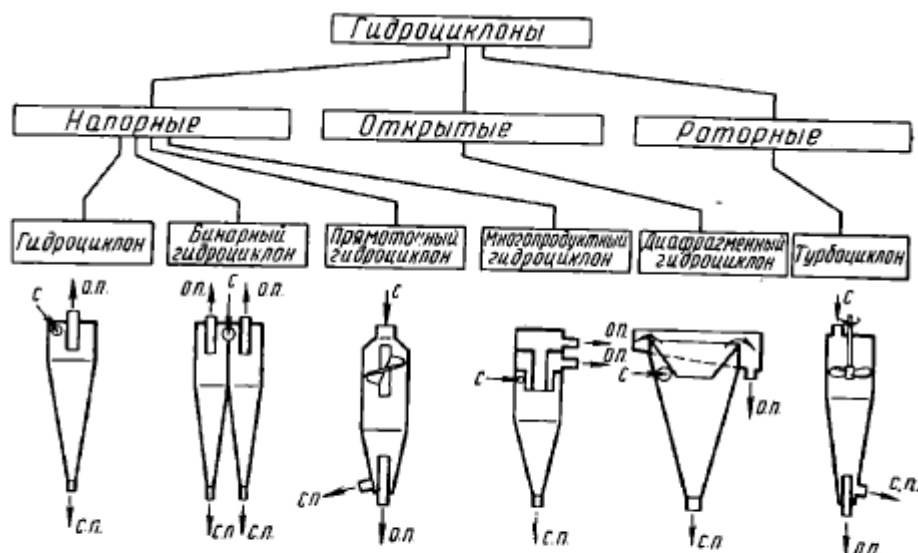


Рисунок 1 – Классификация гидроциклонов по способу передачи среде вращения.

1.1.1 Открытые гидроциклоны

Открытые гидроциклоны применяют для выделения из сточных вод оседающих, преимущественно тяжёлых, и грубодисперсных всплывающих примесей. Можно применять открытые гидроциклоны в комплексе с другими сооружениями для механической очистки производственных сточных вод в качестве первой ступени. Перед подачей в открытые сточные воды при необходимости можно коагулировать. Существенным преимуществом открытых гидроциклонов является большая удельная пропускная способность [$2\text{—}20 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$] небольших потерях напора (обычно не более 0,5 м). [3]

Открытые гидроциклоны относятся к сооружениям отстойного типа с вращательным движением потока в рабочей зоне, которое обеспечивается тангенциальным подводом осветляемой воды к цилиндрическому корпусу. Вращение потока способствует агломерации взвешенных частиц и увеличение их гидравлической крупности.

Для более равномерного распределения потока и более полного использования объема гидроциклона число впускных патрубков должно быть не менее двух. Скорость впуска воды в гидроциклон составляет 0,1-0,5 м/с.

Открытые гидроциклоны применяют следующих типов: без внутренних устройств с диафрагмой, с диафрагмой и цилиндрической перегородкой, многоярусные.

Для всех типов открытых гидроциклонов осадок из конической части удаляют откачкой насосами, гидроэлеваторами или под гидростатическим давлением воды. Для задержания и удаления всплывающих примесей и нефтепродуктов гидроциклоны оборудуются полупогружным кольцевым щитом, устанавливаемым перед водосливом на расстоянии не более 50 мм, и погружной воронкой. Эффект очистки в открытых гидроциклонах определяется в основном удельной гидравлической нагрузкой, которую устанавливают в зависимости от характеристики сточных вод требуемой степени очистки и от геометрических размеров гидроциклона. Открытые гидроциклоны без внутренних устройств (Рисунок 2, а) рекомендуется применять для задержания крупной мелкодисперсных примесей гидравлической крупностью 5 мм/с и более.

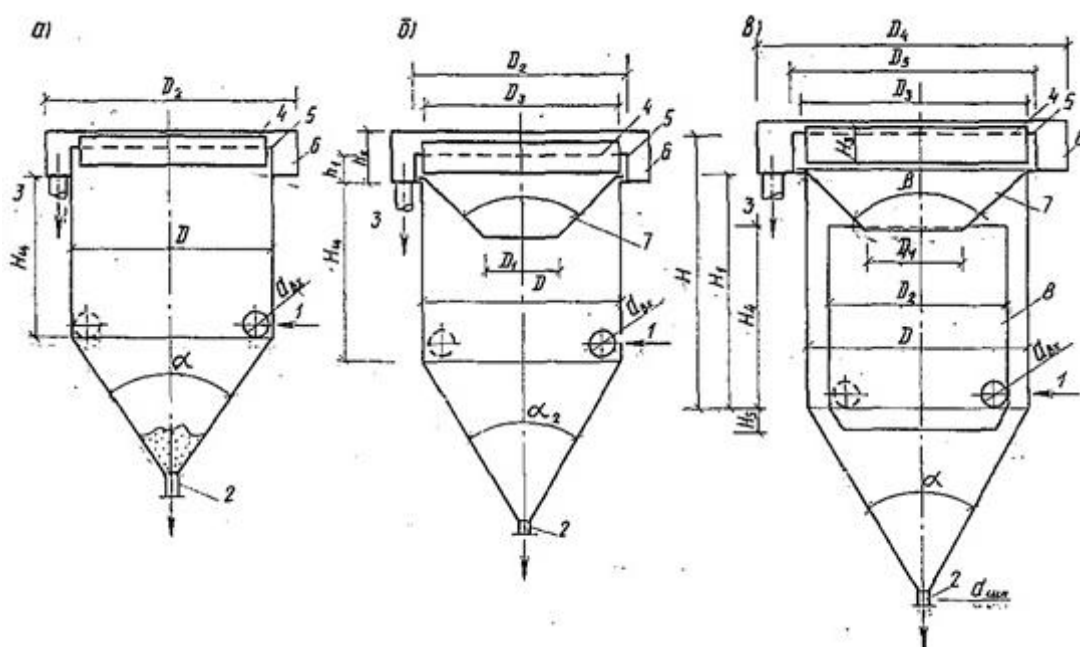


Рисунок 2 - Открытые гидроциклоны: а — без внутренних устройств; б — с конической диафрагмой; в — с конической диафрагмой и цилиндрической перегородкой; 1 — водоподающая труба; 2 — шламоотводящая труба; 3 — водоотводящая труба; 4 —

полупогружная кольцевая стенка; 5 — кольцевой водослив; 5 — водосборный кольцевой лоток; 7 — коническая диафрагма; 8 — цилиндрическая перегородка.

Гидроциклоны с конической диафрагмой (Рисунок 2, б) предназначены для выделения из сточных вод мелкодисперсных взвешенных веществ гидравлической крупностью более 0,2—0,3 мм/с. Их целесообразно применять для обработки относительно небольших (до 200 м³/ч) количеств воды. При коагуляции сточных вод пределы использования циклонов могут быть расширены. Диаметр аппарата рекомендуется принимать не более 6 м.

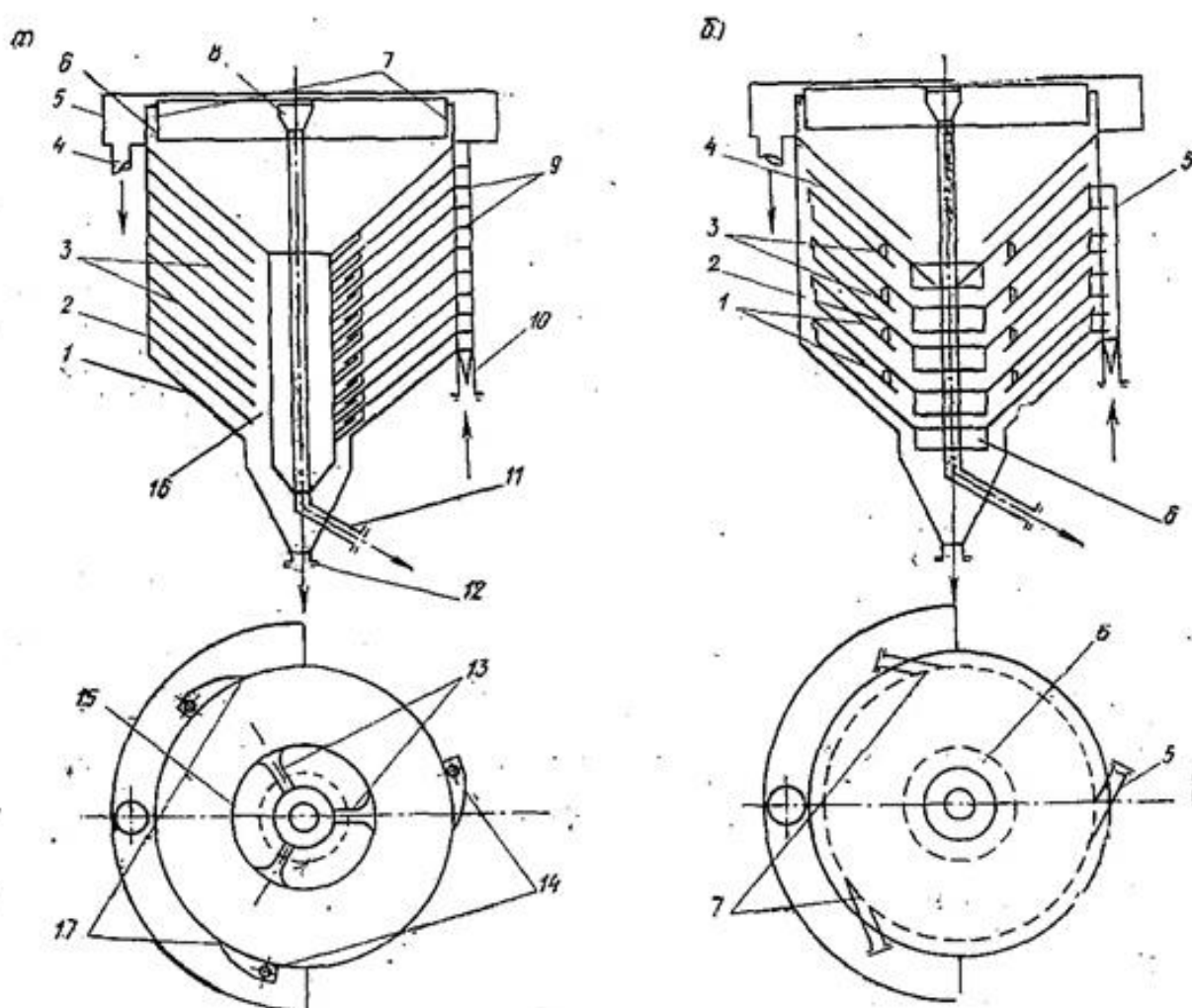


Рисунок 3 – многоярусные открытые гидроциклоны: а - по принципу полочного отстойника; б - гидроциклон с периферийным отбором осветленной воды.

Для повышения эффективности конструкция гидроциклонов дополняется цилиндрической перегородкой (Рисунок 2, в). Впуск воды осуществляется тангенциально в пространство, ограниченное внутренним цилиндром. При этом возникает замкнутый циркуляционный поток, который способствует улучшению качества очистки. Диаметр гидроциклонов с диафрагмой и цилиндрической перегородкой принимается не более 6 м.

Для промышленного применения рекомендуются две конструкции многоярусного гидроциклона. Первая (Рисунок 3, а) выполнена по принципу полочного отстойника. В корпус многоярусного гидроциклона свободно вставлены конические диафрагмы, которые делят его объем на отдельные ярусы, работающие независимо один от другого, напором через насадку с задвижкой. Можно применять и другие известные способы удаления осадка.

Масло и другие легкие вещества через зазор между диафрагмами и корпусом гидроциклона всплывают под верхнюю диафрагму и далее по специальным стоякам отводятся на поверхность, ограниченную полупогружным кольцевым щитом. Масло из гидроциклона можно удалять любым из известных способов; в том числе через погружную воронку, к которой оно сгоняется скребковым механизмом.

Интенсификация процесса разделения в многоярусном гидроциклоне достигается за счёт уменьшения высоты слоя отстаивания. Вращательное движение позволяет полнее использовать объем яруса и создает условия, способствующие агломерации взвешенных веществ.

Наиболее целесообразно размещать многоярусные гидроциклоны на эстакаде. В этом случае упрощается операция выгрузки осадка и подача очищенной воды на последующие сооружения.

Корпус гидроциклона и диафрагмы обычно выполняют из стали. Большой интерес представляет возможность изготовления конических диафрагм из пластмасс.

Соединение диафрагм в центральной части телескопическое, что облегчает монтаж и демонтаж аппарата. Впуск очищаемой воды

осуществляется тангенциально через три общие для всех ярусов щели, расположенные через 120° . Подвод воды к ним и распределение ее по высоте производятся в пристроенных - к циклону аванкамерах с распределительными лопатками. Рабочий поток движется в ярусе по сходящейся спирали и выходит в центральную часть через три тангенциальных выпуска, пересекающих шламоотводящую щель. Угол наклона выпусков, выполненных в виде раструба, должен совпадать с углом наклона диафрагмы. Осадок, выделившийся в ярусе, сползает к центральной части и через кольцевую шламоотводящую щель направляется в коническую часть аппарата, откуда он удаляется обычно под гидростатическим.

Другая конструкция многоярусного гидроциклона — гидроциклон с периферийным отбором осветленной воды (Рисунок 3, б) работает следующим образом. Исходная вода, попадая в аванкамеры с помощью струенаправляющих лопаток, распределяется равномерно между ярусами, через тангенциальные впускные патрубки. Осадок, выделенный в прямоточном ярусе, сползает к центру, проваливается в шламовую шахту и оседает в конической части. Некоторая часть воды, осветленной в прямоточном ярусе, направляется в вышерасположенный противоточный ярус через перепускные стояки. За счет этого снижается размывающее действие водного потока на осадок, сползающий в центральную часть из вышележащего противоточного яруса, в котором рабочий поток движется от центра к периферии. У стенки корпуса гидроциклона выходящий поток, объединяясь с потоками из нижележащих ярусов, поднимается вверх, под верхней диафрагмой, перекрывающей периферийную щель, поворачивает к центру и через центральное отверстие верхней диафрагмы выходит в верхнюю часть гидроциклона, где он движется подобно движению в первой конструкции многоярусного гидроциклона (Рисунок 3, а). Выделенные в конической части осадок и масло, накопившиеся на поверхности воды, удаляются из гидроциклона так же, как и в первой конструкции.

1.1.2 Роторные гидроциклоны

По принципу действия турбоциклон является комбинацией гидроциклона и центрифуги. Турбоциклон включает корпус, импеллер в виде размещенных на втулке лопастей, входной и выходной патрубки. Необходимый для работы напор создается не насосом, как в гидроциклонах, а турбинкой, расположенной в цилиндрической части аппарата (Рисунок 4, а). [4]

Движение пульпы, проходящей через турбоциклон, меняется с одного вида на другой, поступательное движение во всасывающем патрубке в лопастном колесе меняется на вращательное. При выходе из лопастного колеса пульпа, ударяясь о стенку. Цилиндрической части корпуса, меняет вращательное движение на поступательное. После этого пульпа, при помощи вращающегося цилиндрического патрубка с радиальными лопастями, снова приобретает вращательное движение, обуславливающее наличие разделительного центробежного поля турбоциклона. [5]

При перемещении пульпы внутри корпуса турбоциклона последняя встречает изгибы, обусловленные конструкцией цилиндрического корпуса. Это приводит к возникновению турбулентных потоков, влияющих на эффективность разделения, местных гидравлических сопротивлений, требующих дополнительного расхода электроэнергии и снижающих производительность турбоциклона.

Исключена возможность регулирования процесса классификации с целью получения продуктов разделения, отличающихся по гранулометрическому составу и плотности.

Нижний продукт удаляется через нижнее отводное отверстие, а верхний продукт – через центральную трубу, проходящую вдоль оси аппарата. Диаметр нижнего отводного отверстия можно регулировать сжатым воздухом с помощью резинового кольца. [4]

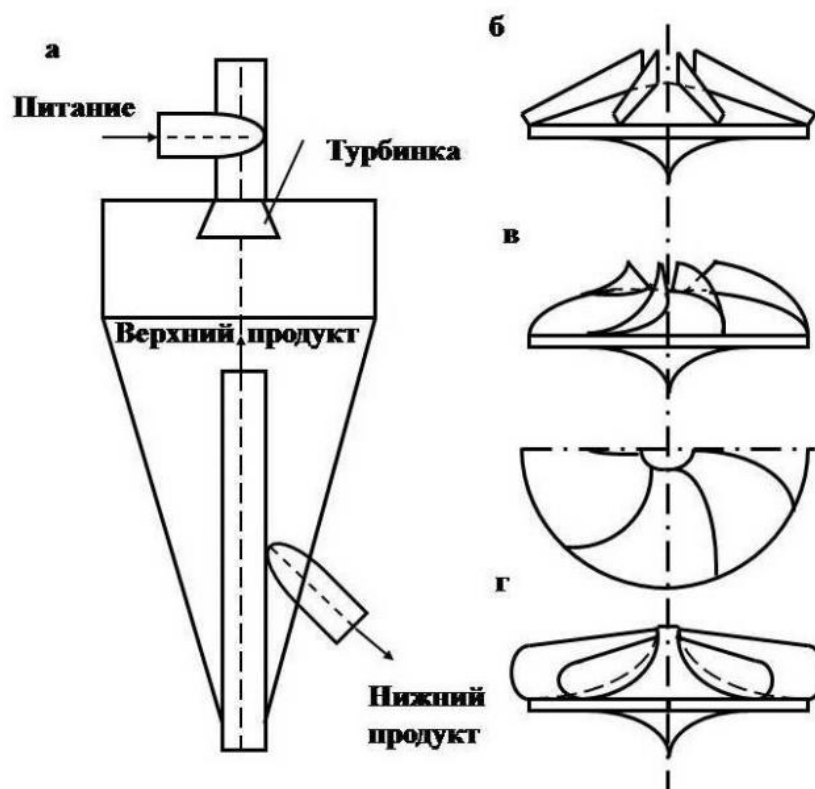


Рисунок 4 – Турбогидроциклоны

Турбоциклоны отличаются конструкцией турбинки, способом питания и отбором продуктов разделения (Рисунок 4, б, в, г).

При конструировании турбоциклонов предполагалось, что замена насоса турбинкой снизит удельный расход электроэнергии, однако это предположение не оправдалось.

Турбоциклоны не обладают технологическими преимуществами перед коническими гидроциклонами, но более сложны по конструкции (ввиду наличия вращающейся с большой скоростью турбинки и трудности уплотнения вала) и поэтому имеют ограниченное применение в промышленности.

1.1.3 Напорные гидроциклоны

Напорные гидроциклоны применяются для механической очистки сточных вод, а также для сгущения, обогащения и классификации осадка, выделяемого из сточных вод. В напорном гидроциклоне струя, двигаясь по

винтовой спирали вдоль наружной стенки аппарата, направляется в его коническую часть. Здесь основной поток изменяет направление движения и перемещается к центральной части аппарата. Выделяющийся в пристенной зоне осадок и наиболее насыщенная взвешенными веществами часть воды удаляются из аппарата через насадку для шлама. Поток осветленной воды в центральной зоне аппарата движется по цилиндрической спирали вверх к сливной насадке. [3]

В зависимости от диаметров указанных насадок, а также размеров других конструктивных элементов гидроциклонов происходит соответствующее разделение осветленной воды и шлама. Гидроциклоны могут работать в вертикальном, наклонном или горизонтальном положении.

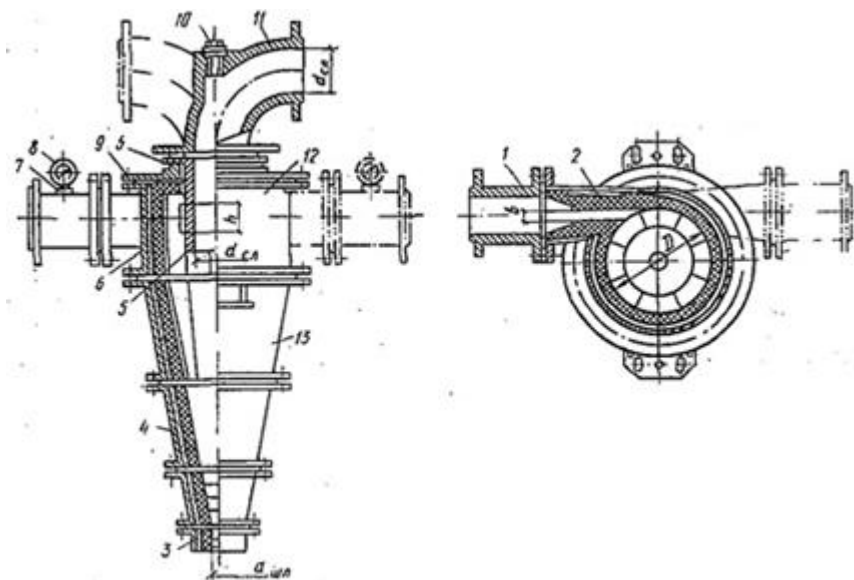


Рисунок 5 - Напорный гидроциклон: 1 — питающий патрубок; 2 — съемный, резиновый вкладыш; 3 — шламовый патрубок; 4 — составные элементы конической части; 5 — сливной патрубок; 6 — цементная стяжка; 7 — мембранный разделитель; 8 — манометр; 9 — крышка цилиндрической части; 10 — заглушка отверстия для подключения импульсной линии системы автоматического регулирования гидроциклона; 11 — внешний сливной патрубок; 12 — цилиндрическая часть; 13 — коническая часть.

Диаметр применяемых гидроциклонов 15—1000 мм. Как показывает практика, в результате воздействия абразивных частиц механических примесей гидроциклоны быстро изнашиваются. Для удлинения срока службы

внутреннюю поверхность гидроциклонов футеруют, покрывают съемными износостойкими вставками (Рисунок 5). Гидроциклоны небольшого диаметра (15—50 мм) отливают из абразивностойких материалов (Рисунок 6) — резины, керамики, пластмасс.

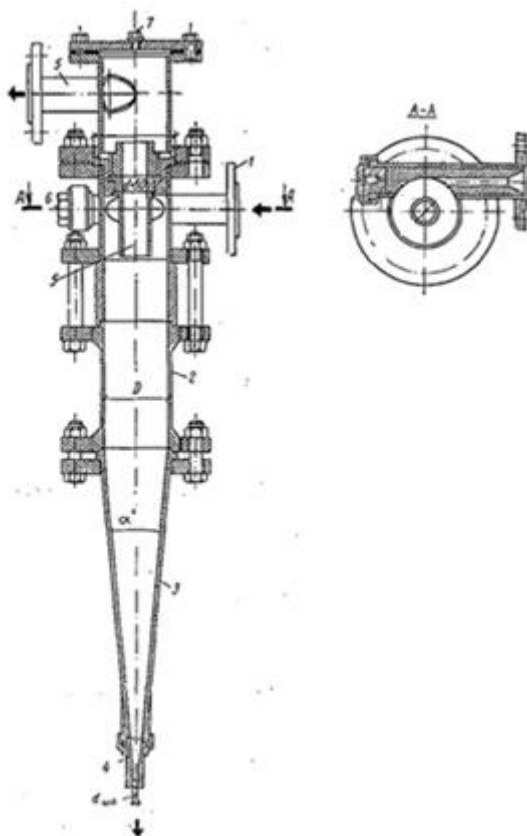


Рисунок 6 - Конструкция напорного гидроциклона: 1 — питающий патрубок; 2 — цилиндрическая часть; 3 — коническая часть; 4 — шламовый патрубок; 5 — сливные патрубки; 6—ось подающей трубы; 7 — пробка для импульсной трубки

При необходимости глубокой очистки сточных вод целесообразна последовательная работа гидроциклонов различных типоразмеров. При этом аппараты первой ступени предназначены для удаления из воды относительно грубых примесей, аппараты последней ступени — для выделения наиболее мелких взвешенных частиц, гидравлическая крупность которых определяется в соответствии с требуемой степенью очистки.

В зависимости, от расхода обрабатываемых вод и типа гидроциклонов можно устанавливать один или несколько параллельно работающих аппаратов,

объединяемых в батареи кругового (Рисунок 7) и линейного типа (Рисунок 8), так же используются мультигидроциклоны (Рисунок 9).



Рисунок 7 - Круговой батарейный гидроциклон



Рисунок 8 - Линейный батарейный гидроциклон

Мультигидроциклон предназначен для тонкого осветления сточных вод от твердых взвешенных веществ. На блок направляются сточные воды, прошедшие предварительное осветление на гидроциклонах большего диаметра или в отстойниках. Блок осветления представляет собой разъемный аппарат, состоящий из трех изолированных секций:

- секции гидроциклонов;
- секции осветленной воды;
- шламовой секции.

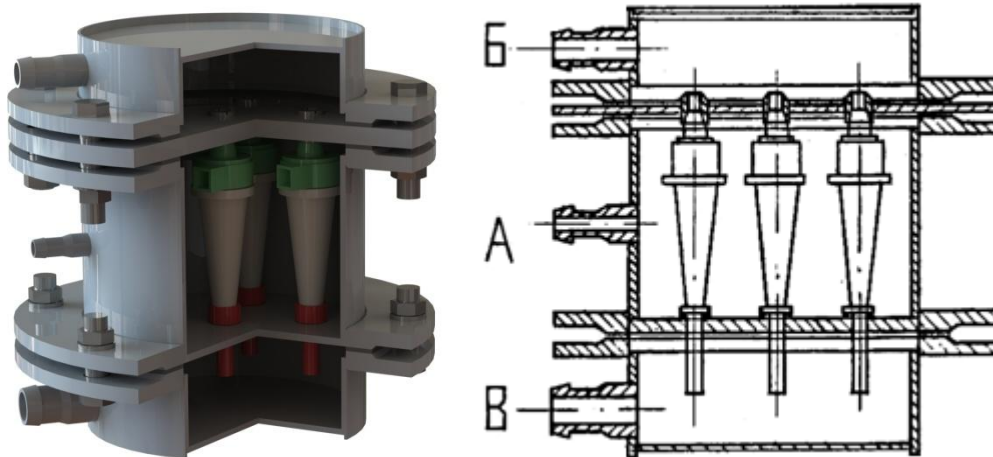


Рисунок 9 - Мультигидроциклон: А- подача стока; Б – отвод стока; В – отвод шлама.

Внутри корпуса мультигидроциклона крепятся минигидроциклоны, количество которых зависит от их марки. Сточная вода подается под напором в секцию гидроциклонов и далее тангенциально вводится в отверстия в их корпусах, в результате чего приобретает вращательное движение. Осветленная вода из всех гидроциклонов собирается в секции осветленной воды, взвешенные вещества – в шламовой секции, из которых отводятся через соответствующие патрубки. Рабочая потеря напора в мультигидроциклонах составляет $1 - 2 \text{ кг/см}^2$.

Для гидроциклонов диаметром 50 – 200 мм выпускаются системы с единой емкостью для сбора осадка, что значительно ускоряет его выгрузку.

В тех случаях, когда основным продуктом является твердая фаза (осадок) используется механическое устройство выгрузки осадка шнекового типа.

Преимущества напорных гидроциклонов:

- Компактность в сочетании с высокой удельной производительностью;
- Высокая эффективность и надежность в разнообразных эксплуатационных условиях (взрыво-пожароопасные, агрессивные, абразивные среды);
- Широкий интервал рабочих температур и давлений;
- Простота конструкций, удобство эксплуатации.

1.2 Маркетинговое исследование применяемых материалов

В нефтегазовой отрасли гидроциклоны используются для очистки нефти, пластовой воды и бурового раствора от абразива, для дегазации, для обезвоживания и переработки нефти.

При изготовлении гидроциклона для определенного функционала необходимо учитывать физико-химические свойства рабочей среды и параметры рабочего процесса.

Гидроциклоны могут быть сделаны из металла (главным образом сталь), износостойчивой резины, керамическими или пластмассовыми (такая как полиуретан, полипропилен или другие типы). Металлические или керамические гидроциклоны используются для ситуаций, требующих большей силы или длительности с точки зрения высокой температуры или давления. Когда есть возникновение большого количества трения (того, которое происходит с частицами песка), полиуретан выступает лучше, чем металлы или керамика. Футерованный металл используется в случаях объединенного трения и высокого давления.

Футеровку же необходимо подбирать под физико-химические свойства рабочей среды. Рассмотрим некоторые из них.

1.2.1 Hexmetal

На некоторых внутренних стенках сепаратора циклонного типа используемого при каталитическом крекинге, образована шестиугольная сетчатая конструкция, образованная ячейками, внутренние размеры которых могут изменяться в диапазоне от 4 см до 6 см при толщине, составляющей примерно от 1,5 см до 3,0 см, присоединяется при помощи многоточечной сварки к подлежащей защите стенке таким образом, чтобы футеровать всю внутреннюю стенку сепаратора циклонного типа. [6]

Таким образом, эту сетчатую конструкцию закрепляют на стенке при помощи совокупности сварных точек.

После этого ячейки заполняются композитным материалом, обычно бетоном, вручную и заглаживаются при помощи строительной лопатки.

Применяется данная футеровка при высоких температурах в рабочем процессе.

С описанным выше типом защитной футеровки связаны многочисленные недостатки, среди которых можно упомянуть:

—Трудности при установке конструкции Hexmetal на металлическую стенку, связанные с необходимостью реализации многочисленных сварных соединений;

—Трудности ручного введения бетона в каждую из ячеек, выполненных в конструкции Hexmetal.

Распространяется данная футеровка на рынке фирмой Causeway.

1.2.2 Текучий бетон

Текучий бетон представляет собой в качестве примера бетон марки АСТСНЕМ 85 Trueflow, распространяемый на рынке фирмой Dramicon. Данный бетон дает результаты, с точки зрения механической устойчивости, в соответствии с нормативным документом ASTM 704/A 704M-06, в три раза

превышающие результаты для других марок бетона, обычно используемых для противозерозионного футерования. [6]

Толщина противозерозионной футеровки, то есть расстояние, разделяющее две параллельные друг другу поверхности формы, изменяется в диапазоне от 10 мм до 100 мм, и предпочтительно в диапазоне от 10 мм до 50 мм.

В отличие от использования конструкции Hexmetal®, где существуют разрывы непрерывности между различными ячейками, заполненными композитным материалом, причем эти разрывы непрерывности связаны с толщиной металла, образующего конструкцию Hexmetal®, противозерозионная футеровка в соответствии с предлагаемым изобретением располагается в результате литья в виде сплошного слоя без всяких разрывов непрерывности. Вследствие этого и благодаря использованию технологии литья, поверхность бетона, подвергающаяся воздействию твердых частиц, является единой и предпочтительным образом гладкой.

1.2.3 Керамическая футеровка

Алюбитовая (керамическая) футеровка производится в виде кирпича и плитки различных размеров и форм. Керамический футеровочный кирпич предназначен в основном для обкладывания внутренней поверхности мельниц, циклонов, галтовок, печей, а также другого оборудования, которое подвергается износу.[7]

Алюбитовые (керамические) футеровочные кирпичи производятся из глинозема. Содержание оксида алюминия в алюбитовой продукции не менее 92%, твердость по шкале Мооса – 9 (для сравнения, твердость алмаза – 10), что позволяет использовать в работе алюбит со многими высокоабразивными материалами.

Применение технической керамики Alotec и Marshalit в качестве футеровки внутренних стенок позволяет увеличить срок службы циклонов до 50 и выше раз по сравнению с нефутерованными.

Данная футеровка не может применяться для оборудования маленьких габаритов.

1.2.4 Каменное литье

Известна футеровка гидроциклона, выполненная из пластин каменного литья. [8]

Такая футеровка, обладая приемлемой износостойкостью, имеет ряд недостатков: высокую стоимость из-за большого расхода энергии на плавку и на технологию разлива при высоком проценте брака; повышенные эксплуатационные расходы на замену и установку футеровки, набираемой из отдельных плиток; гидродинамические потери из-за неровности поверхности футеровки, влекущие за собой повышенный расход энергии и ухудшение качества разделения пульпы из-за возникающей турбулентности потоков.

Физико-механические свойства каменного литья представлены в таблице 1. [9]

Таблица 1 - Физико-механические свойства каменного литья

Показатель	Износостойкое каменное литье	Термостойкое каменное литье	Серый чугун
Объемная масса, кг/м ³	2900-3000	2800-2900	7200
Водопоглощение, %	0,13	0,70	--
Предел прочности при сжатии, МПа	250-500	100-260	500
Предел прочности при изгибе, МПа	30-50	10-30	280
Ударная вязкость, кДж/м ²	1,25	1,06	3
Модуль упругости, Мпа	100630	43700	120000
Теплопроводность, Вт/(м·°С), при 200С	1,52	1,07	51
Удельная теплоемкость, кДж/ (кг·°С) при 20°С	0,77	0,67	0,46
Коэффициент истираемости, кг/м ²	1,0	1,4	--

Как правило, нижняя часть циклона наиболее подвержена износу, особенно это касается песковой насадки. В некоторых случаях, целесообразно изготовить ее с помощью каменного литья.

Распространяется данная футеровка на рынке организацией ОАО «Первоуральский завод горного оборудования»

1.2.5 Резиновая футеровка

Резиновая футеровка изготавливается из эластомерных материалов повышенной износостойкости, что позволяет: добиться практически идеальной геометрии проточной части, увеличить эффективность классификации и снизить величину граничного зерна разделения, снизить затраты при эксплуатации.

Эластичные футеровки обычно обладают более высоким сроком службы, чем каменное литье или корундирование. По-видимому, это объясняется податливостью контактирующего с пульпой слоя резины. Отсюда потери на турбулентность меньше, чем при каменном литье. [8]

Таким образом, известная эластичная футеровка из-за местного абразивного износа (спиралеобразные выемки) имеет пониженный срок службы. Кроме того, неравномерный износ усугубляет турбулентность, ухудшая качество разделения частиц пульпы на классы крупности и одновременно повышает энергоемкость процесса классификации.

Распространяется данная футеровка на рынке фирмой ООО "СК-Полимеры".

1.2.6 Полиуретановая футеровка

Футеровка полиуретаном (или полиуретановая футеровка) предотвращает готовые изделия от порчи и истирания поверхности при многократном применении. [10]

Полиуретан обладает высокой стойкостью к воздействию различных агрессивных факторов:

- комбинированному воздействию трения и коррозионных сред;
- повышенной стойкостью к динамическим нагрузкам;
- стойкостью к воздействию технических масел, жиров, ряду кислот и растворителей;
- свойствами, демпфирующими вибрацию и ударные нагрузки;
- высокая прочность на разрыв и сопротивление распространению надрезов;
- повышенное сопротивление износу;
- снижение шумовых нагрузок;
- стойкость к воздействию влаги, озона, масел, УФ-лучей.

Хорошая стойкость полиуретана к ударным нагрузкам позволяет избежать разрыва, деформации и растрескивания футеровки и рабочей поверхности оборудования. Использование специального покрытия исключает отрыв полиуретана от металлической поверхности.

Низкий коэффициент сцепления полиуретана снижает налипание влажного материала на поверхность оборудования, что позволяет снизить трудозатраты на постоянную очистку поверхности.

Благодаря хорошим качествам износостойкости, литьевые полиуретаны применяются для решения задачи защиты различных элементов и деталей оборудования, подверженных значительному износу абразивной средой.

Износоустойчивость полиуретановых деталей гидроциклонов, в зависимости от условий эксплуатации, от 4 до 9 раз выше, чем у деталей из чугуна или стали.

Данные по динамике износа песковых и сливных насадок гидроциклонов, работающих в циклах классификации гидроксида алюминия (рисунок 10 и 11) [11].

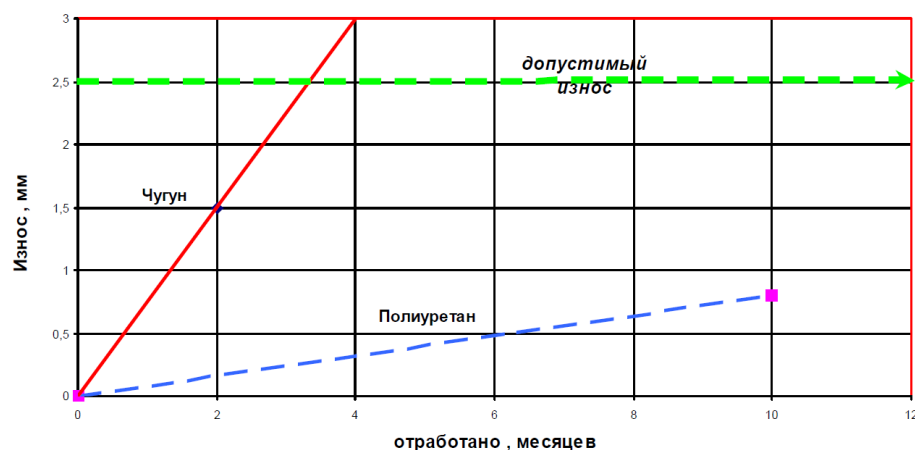


Рисунок 10 - Динамика износа внутренней поверхности песковых насадок

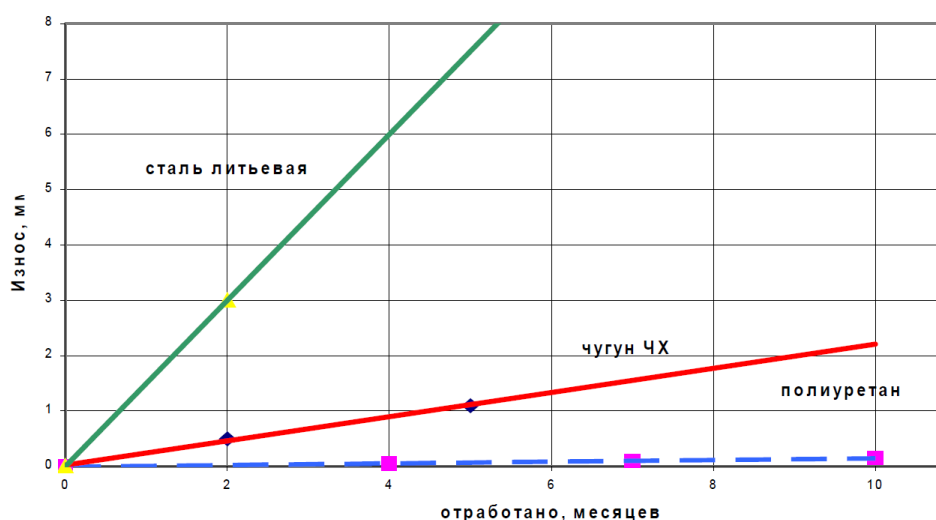


Рисунок 11 - Динамика износа внутренней поверхности сливных насадок

Монолитная заливка полиуретаном имеет ряд преимуществ перед футеровкой листами:

- за счет применения специальной системы для повышения адгезии полиуретана к металлам исключен отрыв полиуретанового покрытия от поверхности оборудования;
- возможна заливка стенок входных отверстий и патрубков;
- при необходимости возможно получение разной геометрии поверхности (выемки, желоба и т.д.);
- возможно получение разных толщин покрытия (с плавным переходом) в зависимости от степени предполагаемого износа участков поверхности (большая толщина в зонах большего износа);

—за счет отсутствия стыков футеровочных листов (монолитность покрытия) исключен контакт рабочей среды с металлом емкости.

Футеровка полиуретаном защищает детали машин и оборудования от истирания и порчи поверхности. Полиуретан по ряду своих механических свойств является наилучшим материалом для футеровки.

Распространяется данная футеровка на рынке украинской фирмой ООО «Интропласт» или российской фирмой ООО ПК «Уретан Тех».

1.3 Вывод

В первой главе проведен обзор существующих конструкций и материалов используемых в качестве футеровки или изготовления гидроциклона.

Исследования в области использования новых материалов и их многообразия обусловлены, прежде всего, увеличением надежности и повышения срока службы работы гидроциклонной установки.

ГЛАВА 2. ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ

2.1 Техническое задание на исследование и проектирование гидроциклона

Моделью исследования данной работы является гидроциклон системы очистки бурового раствора на месторождении «Ванкор». Срок службы гидроциклонов на данный момент составляет от 1-2,5 месяцев работы между заменами комплектующих изделий. Целью данной бакалаврской выпускной работы является увеличение срока службы гидроциклона без потери его технических показателей.

2.1.1 Описание составных частей установки для очистки бурового раствора

На месторождении «Ванкор» с целью обеспечения полноты удаления выбуренной породы из бурового раствора и регулирования содержания твердой фазы в буровом растворе, а также с целью уменьшения объема наработки бурового раствора, а следовательно, уменьшения объема отработанного бурового раствора (ОБР) при бурении эксплуатационных скважин по безамбарной технологии осуществляет многоступенчатую систему очистки бурового раствора с использованием средств очистки.

К оборудованию системы приготовления и очистки бурового раствора относится ситогидроциклонная установка "Мадклинер" фирмы "Derrick", модель 58, с манифольдом (Рисунок 12), включающим [12]:

- Вибросито FLC 514 с регулируемым окном экрана от -1° до $+7^{\circ}$;
- Пескоотделитель фирмы "Derrick" (модель DSI-10-2) с десяти дюймовыми конусами (2 шт.) под углом 25° и производительностью 65 л/с;

- Илоотделитель с четырёх дюймовыми конусами (20 шт.) производительностью 65 л/с.



Рисунок 12 - Ситогидроциклонная установка "Мадклинер" фирмы "Derrick".

Пескоотделитель фирмы "Derrick" включает в себя 2 десятидюймовых гидроциклона, изготовленных из полиуретана Адипрен L-167 (Рисунок 13).

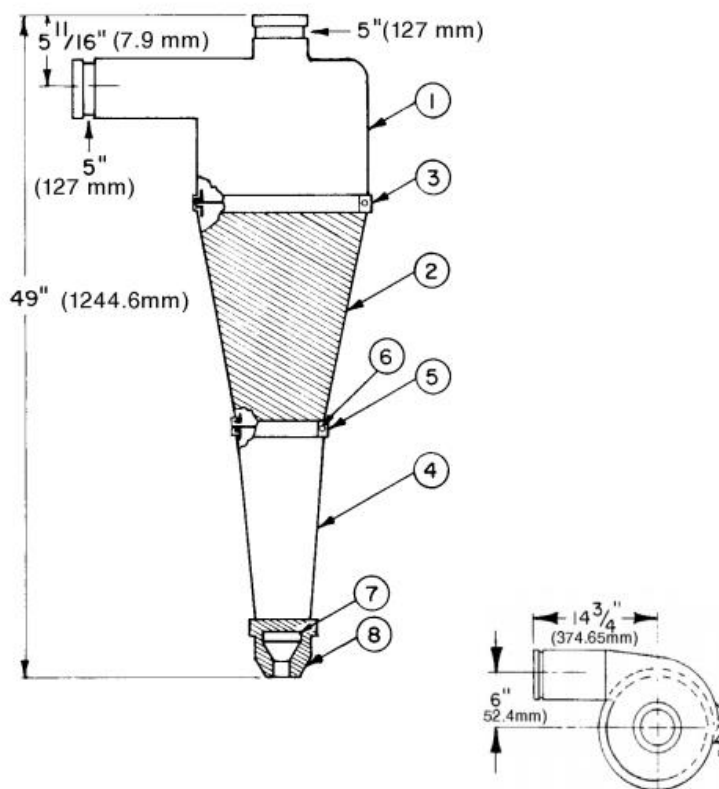


Рисунок 13 - Десятидюймовый гидроциклон фирмы "Derrick".

Конструкция десятидюймового гидроциклона фирмы "Derrick": 1 – Приемная камера; 2 – Крышка конуса; 3 – Хомут размером 10 дюймов; 4 – Основание конуса; 5 – Хомут размеров 5 дюймов; 6 – Т – образный болт; 7 – Выкидной патрубок; 8 – Гайка нижнего конуса.

2.1.2 Требования назначения

Конструкция гидроциклона адаптивна под установку "Мадклинер" фирмы "Derrick". Износ по ГОСТ 23.208-79 не должен превышать 20 мм³. Прочность на разрыве не менее 3 МПа. Стойкость к агрессивным средам и агрессивным компонентам бурового раствора. Отсутствие водопоглощения. Рабочий температурный диапазон -20...+70 °С. Внешняя поверхность гидроциклона должна обладать хорошей динамической вязкостью при отрицательных температурах.

2.1.3 Требования надежности

Срок хранения в темном, герметичном состоянии более 6 месяцев.

Срок службы при нормальном режиме работы более 5000 часов.

2.1.4 Требование безопасности

Конструкция безопасна для персонала при правильной эксплуатации и соблюдении мероприятий техники безопасности.

В рабочем и нерабочем состоянии не должен выделять токсичных веществ выше предельно допустимых концентраций, принятых для атмосферного воздуха, а также не должны выделять дурно пахнущие вещества.

2.2 Техническое предложение

2.2.1 Введение

Предлагается использовать композитный материал на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) вместо используемого полиуретана Адипрен L-167.

Для обеспечения требуемых характеристик производительности, качеств очистки от абразива, прочности необходимо произвести изменение геометрических характеристик наклонных поверхностей и подобрать необходимые толщины стенок.

2.2.2 Обоснования предлагаемого решения

СВМПЭ – это сверхвысокомолекулярные полиэтилен, полимер линейной структуры с молекулярной массой более одного миллиона. Обладает свойствами, востребованными в разных областях техники и народного хозяйства, особенно при работе в экстремальных условиях эксплуатации.

Российским аналогом американского полиуретана Адипрен L-167 является СКУ-ПФЛ-100, сравнение физико-механических показателей данных полиуретанов представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические показатели полиуретанов

Технические показатели	СКУ-ПФЛ 100	АДИПРЕН L-167
Модуль при 100% растяжении, кгс/см ² (МПа)	130-150 (13-15)	127 (12,7)
Прочность при разрыве кгс/см ² (МПа)	400-500 (40-50)	352 (35,2)
Относительное удлинение, %	350-370	400
Твердость по ТМ-2 (Шору, А) у. ед.	92-95	95
Сопротивление раздиру, кгс/см ² (МПа)	100 (10)	111,5 (11)
Количество циклов при многократном растяжении	3000	-
Эластичность по отскоку, %	40	40
Остаточная деформация сжатия, %	10-12	-

В сравнительной характеристике материалов сравнивается СКУ-ПФЛ-100 и предлагаемый композитный материал на основе СВМПЭ.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика материалов

Технические показатели	Наименование материалов		Проявление новых качеств предлагаемого материала по сравнению с оппонентом.
	Полиуретан СКУ-ПФЛ-100	Композитный материал на основе СВМПЭ	
Износостойкость ГОСТ 23.208-79 мм ³	49	18,4	В 2,5 раза
Водопоглощение ГОСТ 409-77 объемные %	1.2—2.1	отсутствует	Отсутствие деформации геометрии
Маслобензостойкость ГОСТ 7338-90	От -5 до +25 %	От 5 до 15 %	Уменьшение деформации геометрии
Температурный диапазон	-40÷+80	-200÷+100	Расширение температурного диапазона перекачиваемой среды

Отталкиваясь от данных технических показателей (Таблица 2), таких как износостойкость, водопоглощение и маслобензостойкость композитный материал на основе СВМПЭ обладает явными преимуществами.

Подробная техническая характеристика композитного материала на основе СВМПЭ представлена в пункте 4.3.1 в таблице 17.

2.2.3 Стойкость к агрессивным средам

Буровой раствор - многокомпонентная дисперсная система суспензионных, эмульсионных и аэрированных жидкостей, применяемых для промывки скважин в процессе бурения.

В таблице 4 представлен анализ реакции композитного материала на основе СВМПЭ с компонентами бурового раствора.

Таблица 4 – Реакция используемого материала с компонентами раствора

Компонент	Краткое описание	Реакция с композитным материалом СВМПЭ
1	2	3
Каустическая сода	Регулятор pH	+
Кальцинированная сода	Регулятор жесткости	+

1	2	3
Бетонит ОСМА	Порошок основанный на природной глине. Первичный структурообразователь	+
NEW DRILL LV	Полиакриломид. Инкапсулятор выбуренной породы	+
MD	ПАВ для минимизации сальникообразования	+
MIL-PAC	Полианионовая целлюлоза. Регулятор водоотдачи	+
NEW TROL	Регулятор водоотдачи	+
Himesco-Clay	Гидрофобизатор	+
Бикарбонат натрия	Нейтрализатор цементной агрессии	+
XANPLEX	Структурообразователь	+
SULFATROL	Стабилизатор сланцев	+
BIO-PAQ	Регулятор водоотдачи	+
REMACIDVER	Бактерицид	+

Расшифровка обозначений таблицы:

« + » - стоек при данных условиях;

« / » - ограниченно стоек при данных условиях;

« - » - не стоек при данных условиях;

2.3 Вывод

Проведенный анализ показывает, что композитный материал на основе СВМПЭ по своим механическим характеристикам и химической стойкости превосходит полиуретан. Деградация и разрушение материала в процессе работы от влияния рабочей среды происходить не будет.

Долговечность гидроциклона регламентируется в основном износом рабочих поверхностей от воздействия высокоабразивной среды, поэтому на основании параметра износостойкости можно предположить, что произойдет существенное увеличение срока межремонтных периодов.

ГЛАВА 3. РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОЦИКЛОНА

3.1 Гидравлический расчет гидроциклона

В настоящее время на месторождении «Ванкор» используют систему приготовления, и очистки бурового раствора "Мадклинер" фирмы "Derrick". Известны технические характеристики данного оборудования.

Отталкиваясь от ориентировочных данных для предварительного выбора стандартных гидроциклонов по М.М.Башарову [4]. Принимаем за начальные данные для расчета гидроциклона значения указанные в таблице 5.

Таблица 5 – Технические параметры гидроциклона используемого на месторождении «Ванкор»

Параметры	Значение
Q, л/мин	1890
P _{сл} , МПа	0.1
D _ц , м	0.250
d _{пит} , м	0.065
d _{сл} , м	0.08
d _р , м	0.0375
a, °	20

Производительность выбранного гидроциклона уточняется по формуле:

$$Q = 15,5 \cdot k_D \cdot k_a \cdot d_{nut} \cdot d_{cl} \cdot \sqrt{P_{ex}} \quad (1)$$

$$k_D = 0,8 + \frac{1,2}{1+0,1 \cdot D_{ц}}$$

$$k_a = 0,79 + \frac{0,044}{0,0379 + \tan\left(\frac{a}{2}\right)}$$

Формула носит эмпирический характер, поэтому $d_{\text{пит}}$, $d_{\text{сл}}$, $D_{\text{гц}}$ подставляется в см, $P_{\text{вх}}$ в кгс/см². По данной формуле Q получается в л/мин, чтобы можно произвести проверку с табличными данными необходимо перевести Q в м³/ч, разделив рассчитанное значение Q на 16,67. Для перевода давления на входе в аппарат необходимо воспользоваться следующим соотношением: 1 МПа=10,2 кгс/см².

Однако производительность нам известна, но не известно давление на входе. Выразим давление из формулы (1):

$$P_{\text{вх}} = \left(\frac{Q}{15,5 \cdot k_D \cdot k_a \cdot d_{\text{пит}} \cdot d_{\text{сл}}} \right)^2$$

Произведем расчет давления на входе в гидроциклон:

$$k_D = 0,8 + \frac{1,2}{1+0,1 \cdot 25} = 1,14$$

$$k_a = 0,79 + \frac{0,044}{0,0379 + \tan\left(\frac{20}{2}\right)} = 0,85$$

$$P_{\text{вх}} = \left(\frac{1890}{15,5 \cdot 1,14 \cdot 0,85 \cdot 6,5 \cdot 8} \right)^2 = 5,77 \text{ кгс/см}^2$$

Следующим важным моментом при проектировании схемы является определение объема потоков и распределения твердой фазы в продуктах классификации. Учет всего ряда параметров, влияющих на распределение слива и разгрузки практически невозможен. Для режима классификации соотношение потоков разгрузки Q_p и слива Q_c представляется в общем виде [11]:

$$\frac{Q_p}{Q_n} = f(d_p, d_{\text{сл}}, P_{\text{вх}})$$

Терновским, [13] предложена формула для определения объемного расхода по нижнему продукту:

$$\frac{Q_p}{Q_n} = \left(1 + \frac{\sqrt{(P_{вх}+1) \cdot P_{сл}}}{9} \cdot \frac{D_{гц}}{d_{сл}} \cdot \left(\frac{d_{сл}}{d_p} \right)^3 \right)^{-1} \quad (2)$$

где Q_p , Q_n – объемы потоков разгрузки и питания, $P_{вх}$, $P_{сл}$ – давление на входе и на сливе гидроциклона, кгс/см²; $D_{гц}$ – диаметр гидроциклона; $d_{сл}$, d_p , диаметры слива и разгрузки.

Формула рекомендована для расчетов гидроциклонов со свободной разгрузкой продуктов или при незначительном противодавлении на сливе. Для аппаратов работающих со свободной разгрузкой слива и песков рекомендуется принимать $P_{сл} = 1 \text{ кгс/см}^2$.

$$\frac{Q_p}{Q_n} = \left(1 + \frac{\sqrt{(5,77 + 1) \cdot 1}}{9} \cdot \frac{0,25}{0,08} \cdot \left(\frac{0,08}{0,0375} \right)^3 \right)^{-1} = 0,102$$

Для определения массового выхода твердой фазы питания в продукты гидроциклонирования в общем случае используются расчет по заданной концентрации твердого в нижнем продукте.

Уравнение баланса по твердому в гидроциклоне:

$$M_n = M_p + M_{сл} , \quad (3)$$

где M_n , M_p , $M_{сл}$ – масса твердой фазы пришедшей с питанием, выделенной в разгрузку и слив соответственно, кг.

Переходя к выражениям масс через поток и массовую концентрацию, получим:

$$Q_n \cdot c_n = Q_p \cdot c_p + Q_{сл} \cdot c_{сл} = Q_p \cdot c_p + (Q_n - Q_p) \cdot c_{сл} , \quad (4)$$

где $Q_{\text{п}}$, $Q_{\text{р}}$, $Q_{\text{сл}}$ – объем питания, разгрузки и слива соответственно, $\text{м}^3/\text{с}$; $c_{\text{п}}$, $c_{\text{р}}$, $c_{\text{сл}}$ – массовые концентрации питания, разгрузки и слива, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Из выражения (4) получаем:

$$k_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{р}}}{Q_{\text{п}}} = \frac{c_{\text{п}} - c_{\text{сл}}}{c_{\text{р}} - c_{\text{сл}}} \quad (5)$$

где $k_{\text{п}}$ – коэффициент потока, характеризующий долю потока разгрузки относительно питания.

Зная исходную концентрацию твердой фазы в питании, сливе, определив по формуле (2) $k_{\text{п}}$, концентрацию разгрузки можно определить по формуле:

$$c_{\text{р}} = \frac{c_{\text{п}} - c_{\text{сл}} + k_{\text{п}} \cdot c_{\text{сл}}}{k_{\text{п}}} \quad (6)$$

Для расчетных данных параметры полимерглинистого бурового раствора применяемого на глубине до 660 метров с концентрацией песка на входе до 15% и на выходе не более 5% (таблица 6).

Таблица 6 – Плотность компонентов рабочей среды

Наименование характеристики	Значение
Плотность песка, $\text{кг}/\text{м}^3$	1500
Плотность раствора, $\text{кг}/\text{м}^3$	1160

Найдем массовую концентрацию разгрузки:

$$c_{\text{р}} = \frac{1211 - 1194 + 0,102 \cdot 1194}{0,122} = 1360,126 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Так как результаты эксперимента будут вычисляться по песковой насадке (часть с наибольшей концентрацией износа), мы принимаем массовую концентрацию разгрузки гидроциклона с месторождения за массовую концентрацию разгрузки гидроциклона используемого в эксперименте.

В качестве рабочей жидкости будет использоваться вода с концентрацией песка на входе до 10% и на выходе не более 2% (таблица 7).

Таблица 7 - Плотность компонентов рабочей среды

Наименование характеристики	Значение
Плотность песка, кг/м ³	1500
Плотность воды, кг/м ³	1000

Рассчитаем коэффициент потока k_{Π} по формуле (5):

$$k_{\Pi} = \frac{1050-1010}{1360,126-1010} = 0,114$$

Для качественного проведения эксперимента необходимо определить производительность и давление на входе. Исходные данные для расчета гидроциклона принимаем из таблицы 8.

Таблица 8 - Технические параметры гидроциклона используемого в эксперименте

Параметры	Значение
P_{cl} , Па	100000
$D_{ц1}$, м	0.05
$d_{вх1}$, м	0.015
$d_{сл1}$, м	0.013
$d_{р1}$, м	0.006
α , °	14

Оттолкнемся от рассчитанного ранее коэффициента потока k_{Π} для гидроциклона используемого на месторождении «Ванкор». И найдем необходимое давление на входе в гидроциклон:

$$P_{вх} = \frac{\left(\left(\frac{Q_n}{Q_p} - 1 \right) \cdot \left(\frac{d_{р1}}{d_{сл1}} \right)^3 \cdot \frac{9 \cdot d_{сл1}}{D_{ц1}} \right)^2}{P_{cl}} - 1$$

$$P_{\text{ex}} = \frac{\left(\left(\frac{1}{0,114} - 1 \right) \cdot \left(\frac{0,006}{0,013} \right)^3 \cdot \frac{9 \cdot 0,013}{0,05} \right)^2}{1} - 1 = 213934,2 \text{ Па.}$$

Исходя из этого, можно получить производительность гидроциклона по формуле (1):

$$k_D = 0,8 + \frac{1,2}{1 + 0,1 \cdot 5} = 1,6$$

$$k_a = 0,79 + \frac{0,044}{0,0379 + \tan\left(\frac{14}{2}\right)} = 0,838$$

$$Q = 15,5 \cdot 1,6 \cdot 0,838 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot \sqrt{213936,2} = 59,88 \text{ л/мин}$$

3.2 Твердотельная модель экспериментального гидроциклона

Твердотельное моделирование, это достоверное построение реального объекта. Результатом построения геометрического тела таким методом является монолитный образец изделия, который включает в свой состав такие компоненты как линии, грани.

Твердотельный анализ объекта исследования необходим для дальнейшего подбора технологии изготовления, моделирования оснастки, и составления конструкторской документации. При проведении оптимизации работы гидроциклона по характеристикам производительности и прочности параметризация твердотельной модели позволит произвести качественный САЕ анализ приближенный к реальным условиям работы.

Экспериментальный гидроциклон, представленный на рисунке 12, является уменьшенной подобной моделью гидроциклона применяемого на месторождении «Ванкор» состоящий из трех основных частей:

- Корпус
- Сливная насадка
- Песковая насадка

3.2.1 Корпус

Корпус гидроциклона, используемый в эксперименте, включает в себя входное отверстие, цилиндрическую часть ввода рабочей жидкости и коническую (рисунки 14 и 15).

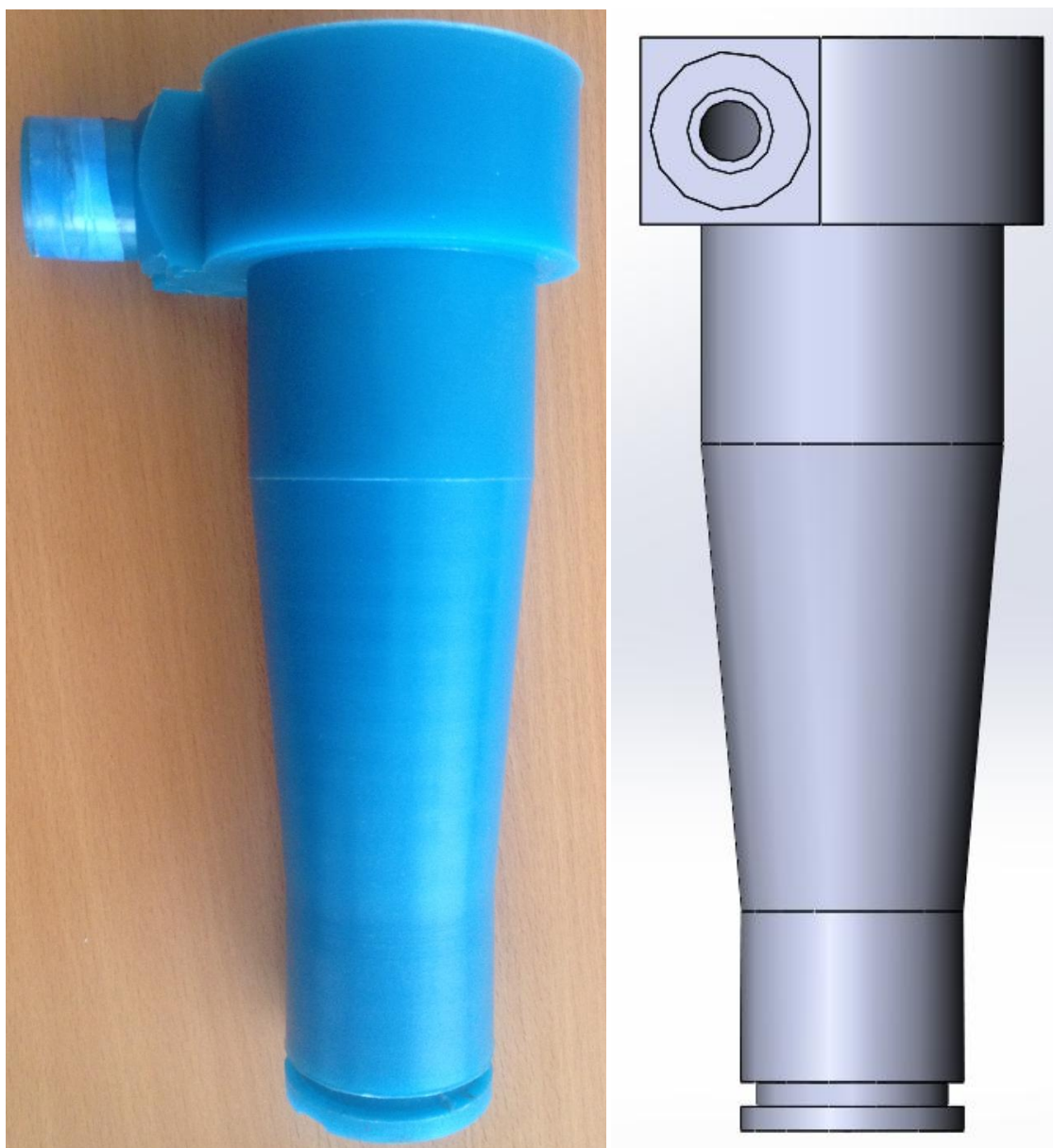


Рисунок 14 - Корпус гидроциклона

На рисунке 15 изображен канал ввода жидкости в гидроциклон. Геометрия канала соответствует плавному радиальному заходу жидкости с дальнейшим движением ее по периферии цилиндрической части, за тем

конусного канала гидроциклона. На корпусе имеются места для установки сливной и песковой насадки.

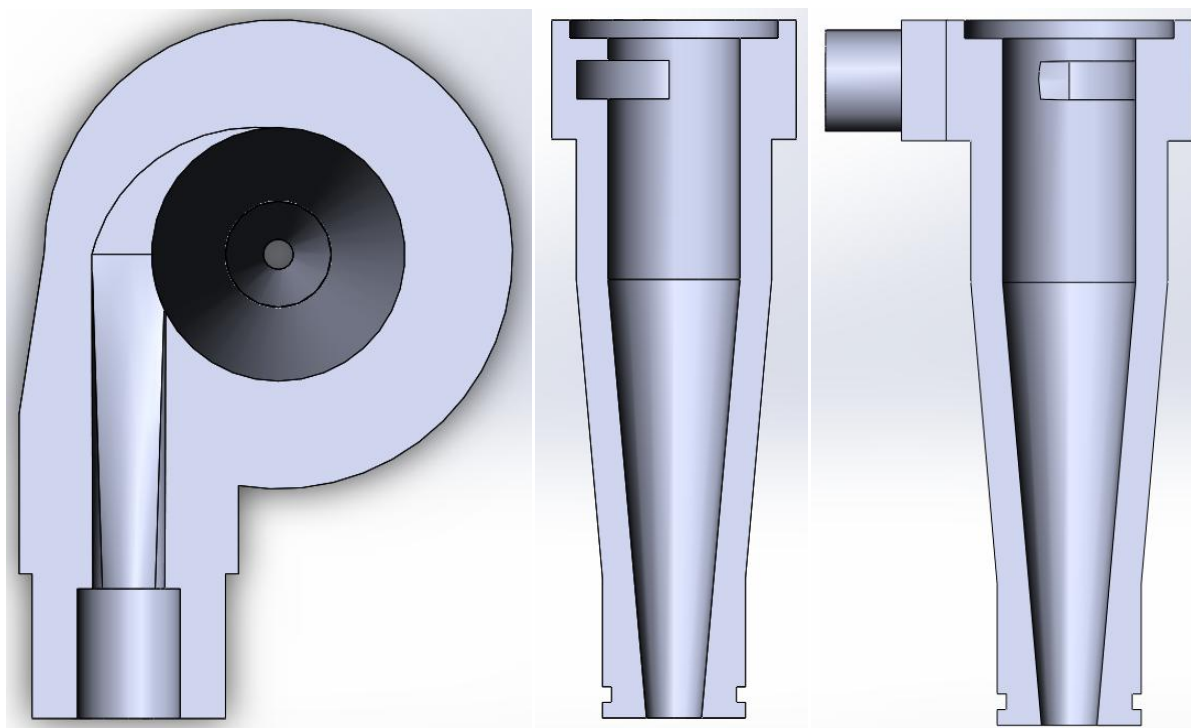


Рисунок 15 - Корпус гидроциклона в разрезе

3.2.2 Сливная насадка

Сливная насадка, изображенная на рисунке 16, вытянута внутрь рабочей камеры гидроциклона для предотвращения смешивания рабочей жидкости. Также насадка вытянута наружу для удобства крепления сливного патрубка.

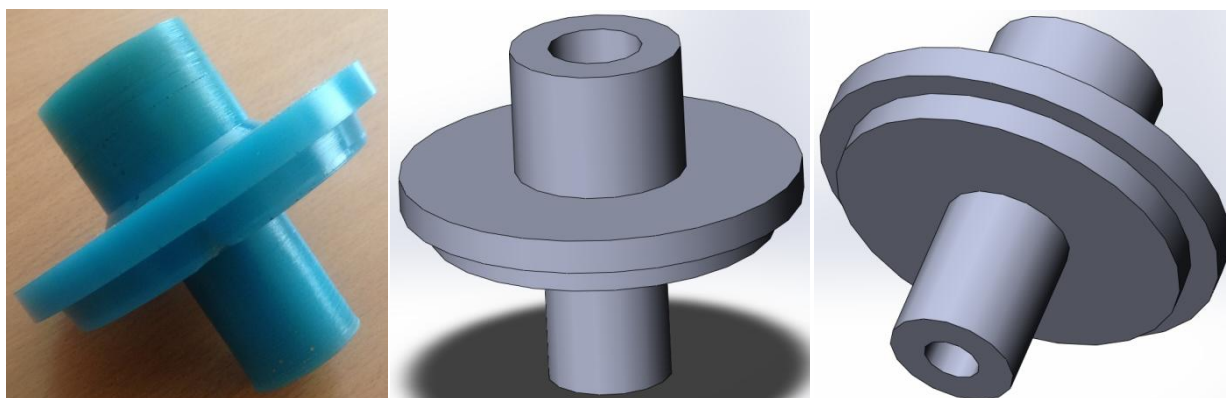


Рисунок 16 - Сливная насадка гидроциклона

3.2.3 Песковая насадка

Песковая насадка, изображенная на рисунке 17, имеет большую толщину стенки, чем корпус гидроциклона, так как испытывает большие значения напряжений и в соответствии с этим более подвержена абразивному износу.

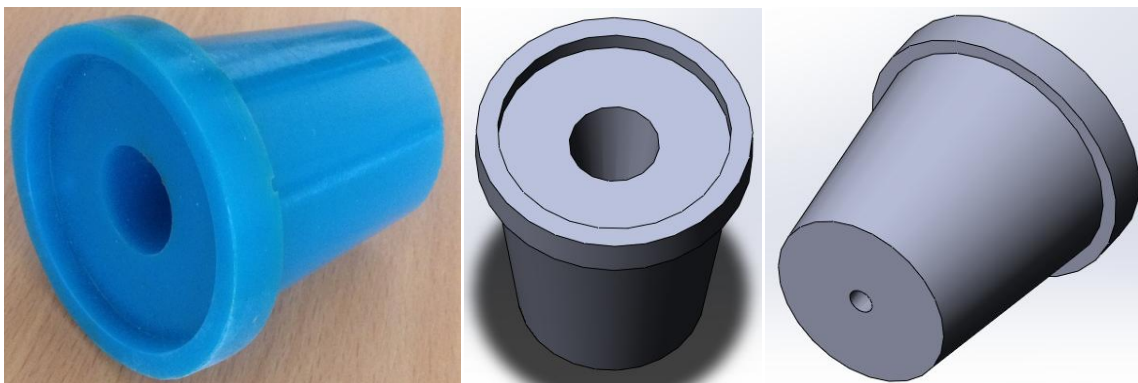


Рисунок 17 - Песковая насадка гидроциклона

3.2.4 Сборка твердотельной модели

Сборка твердотельной модели гидроциклона изображена на рисунке 18. Подробно показаны места состыковки элементов. Для их герметизации элементы стягиваются друг с другом болтами.

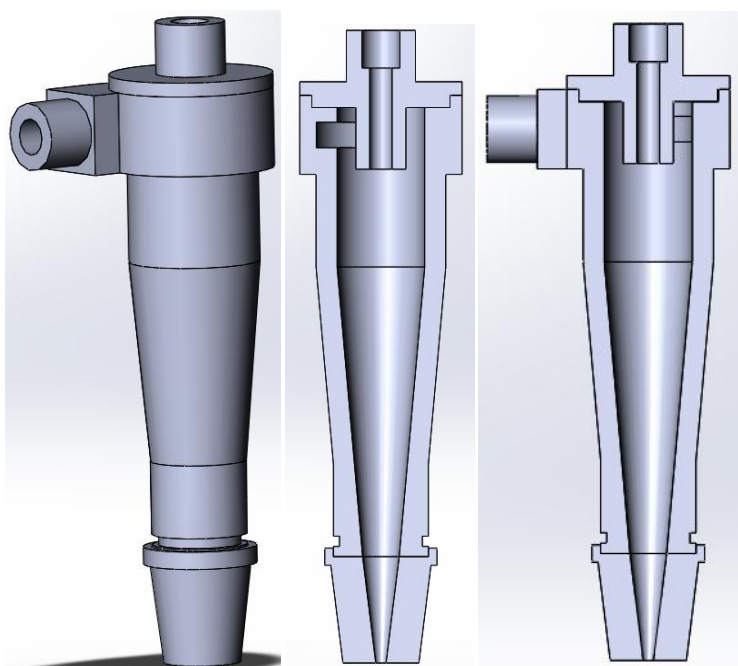


Рисунок 18 - Сборка гидроциклона

3.3 Вывод

В третьей главе были найдены рабочие параметры для экспериментальной установки, произведен математический анализ гидроциклона.

Разработана твердотельная модель и конструкторская документация гидроциклона. Твердотельная модель в дальнейшем будет являться объектом для технологического анализа, моделирования оснастки, и составления конструкторской документации, а также для проведения оптимизации работы гидроциклона по характеристикам производительности и прочности методом CAE анализа.

ГЛАВА 4. ПОДГОТОВКА К ЭКСПЕРИМЕНТУ

Экспериментальная установка, разработанная кафедрой «Подземная разработка месторождений им. Н.Х.Загирова» в институте горного дела, геологии и геотехнологий СФУ, представлена на рисунке 19.



Рисунок 19 - Экспериментальная установка

4.1 Установка

Экспериментальная установка, представленная на рисунке 19, предназначена для испытаний гидроциклона на абразивный износ. На рисунке 20 изображен принцип работы установки, использующий замкнутый цикл работы, где абразив и вода после сепарации вновь смешиваются и нагнетаются в гидроциклон для повторного разделения.

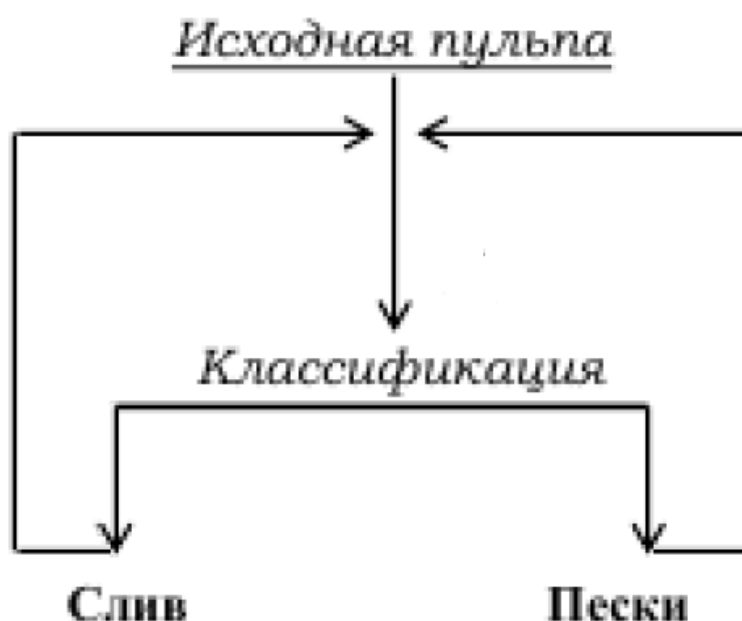


Рисунок 20 - Схема работы экспериментальной установки

4.1.1 Описание рабочего процесса установки

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 21.

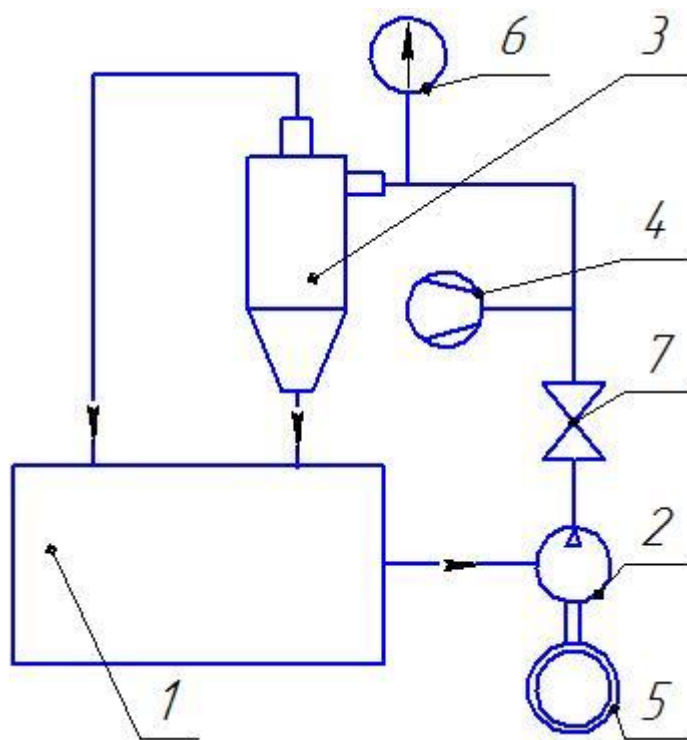


Рисунок 21 - Схема экспериментальной установки

Установка состоит из бака с рабочей жидкостью 1, центробежного насоса 2, создающего давление на входе гидроциклона 3. Очищенная жидкость и уловленные примеси попадают в бак с рабочей жидкостью 1. Компрессор 4 подает воздух под давлением в канал с жидкостью, идущей на вход в гидроциклон 3. Вращение насоса 2 задает электродвигатель 5. Для контроля гидравлической системы имеется манометр 6. Запорный вентиль 7 служит для ввода в работу и вывода из неё экспериментальной установки.

Данная установка разработана для оценки качества разделения тяжелой пульпы при дополнительной подаче воздуха в линию, нагнетаемую в гидроциклон. Рабочая жидкость в эксперименте, который будет проводиться, отличается, следовательно, установка также будет изменена и адаптирована.

Схема необходимой экспериментальной установки представлена на рисунке 22.

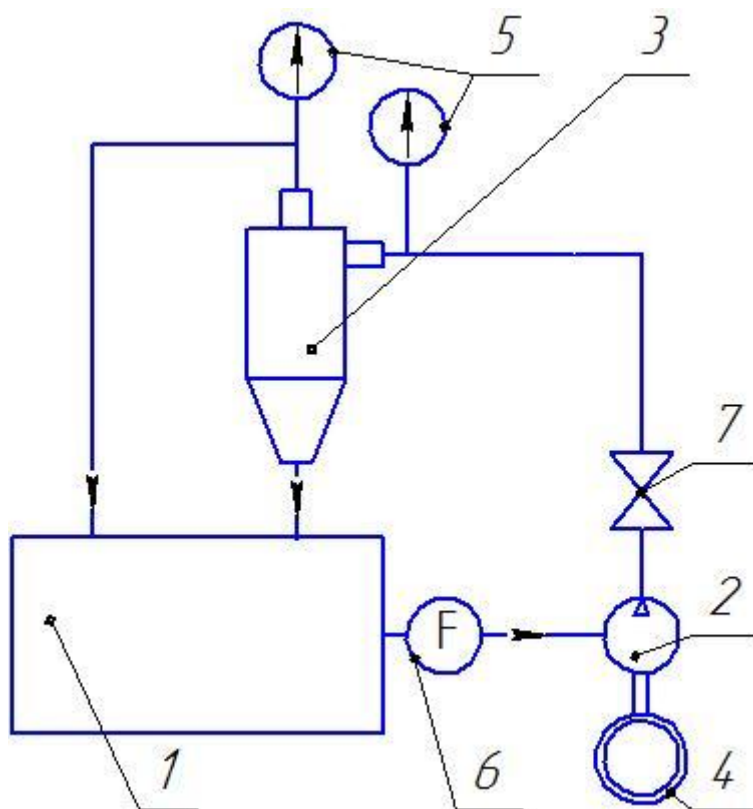


Рисунок 22 - Схема экспериментальной установки

Экспериментальная установка состоит из бака с загрязненной жидкостью 1, центробежного насоса 2, создающего давление на входе гидроциклона 3. Очищенная жидкость и уловленные примеси попадают в бак с загрязненной жидкостью 1. Вращение насоса 2 задает электродвигатель 4. Для контроля гидравлической системы имеются манометры 5 и расходомер 6. Запорный вентиль 7 служит для ввода в работу и вывода из неё экспериментальной установки.

4.1.2 Описание установки

Состав элементов экспериментальной установки:

Асинхронный электродвигатель АИР100L2 [14], изображенный на рисунке 23, предназначен для преобразования электрической энергии в механическую. Вращая вал, который через муфту передает вращательное движение валу консольного насоса К65-50-160 (рисунок 24).



Рисунок 23 - Асинхронный электродвигатель АИР100L2

Данный асинхронный электродвигатель АИР100L2 имеет технические характеристики, указанные в таблице 9.

Таблица 9 - Технические характеристики асинхронного электродвигателя АИР100L2

Наименование характеристики	Значение
Мощность, кВт	5,5
Об/мин.	2850
Напряжение, В	380
Ток при 380В, А	11
КПД, %	88
Коэф. мощн.	0,88
Момент инерции, кгм ²	0,008
Масса, кг	32

Консольный насос К65-50-160 [14], изображенный на рисунке 24, предназначен для преобразования механической энергии асинхронного электродвигателя в механическую энергию движения рабочей жидкости.

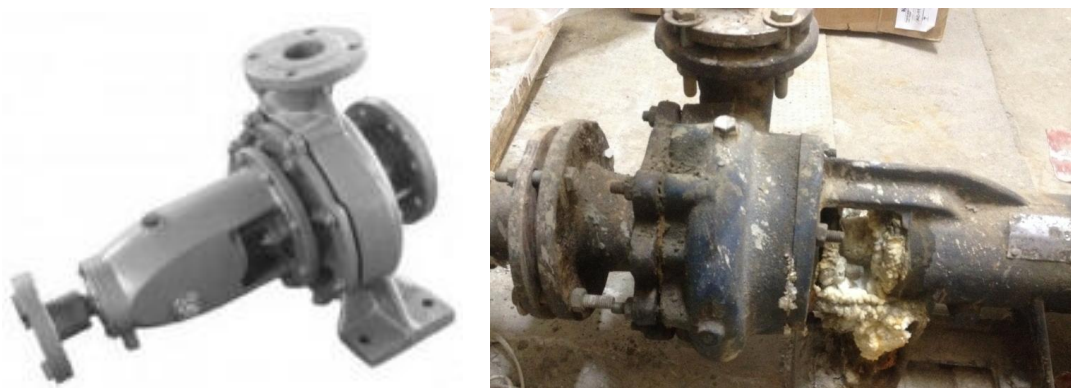


Рисунок 24 - Консольный насос К65-50-160

Данный насос имеет технические характеристики, указанные в таблице 10.

Таблица 10 - Технические характеристики консольного насоса K65-50-160

Наименование характеристики	Значение
Мощность, кВт	3,71
Об/мин.	2900
Подача, м ³ /ч	30
Напор, м	30
КПД, %	66
Мощность двигателя, кВт	5,5
Марка электродвигателя	АИР100L2
Кавитационный запас, м	2,5

Запорный вентиль, изображенный на рисунке 25, предназначен для отключения, регулирования и сброса циркулирующей в экспериментальной установке рабочей среды.



Рисунок 25 – Запорный вентиль

Расходомер DIG-18 изображенный на рисунке 26 предназначен для измерения объемного и массового расхода вещества. Корпус и лопастное колесо изготовлено из полипропилена, крышка из полисульфона.



Рисунок 26 - Расходомер DIG-18

Данный расходомер имеет технические характеристики, указанные в таблице 11.

Таблица 11 - Технические характеристики расходомера DIG-18

Наименование характеристики	Значение
Максимальное давление, МПа	0,7
Максимальная температура, °С	80
Диапазон измеряемой производительности, л/мин	3-80

Напорный гидроциклон ГЦП-50 [15], изображенный на рисунке 27, предназначен для обесшламливания рабочей жидкости.



Рисунок 27 - Напорный гидроциклон ГЦП-50

Гидроциклон ГЦП-50 имеет технические характеристики, указанные в таблице 12.

Таблица 12 - Технические характеристики гидроциклона ГЦП-50

Наименование характеристики	Значение
Диаметр цилиндрической части, мм	50
Угол конуса конусной части, град	10
Диаметр сливного отверстия, мм	13
Крупность слива при оптимальном режиме, мкм	15
Диаметр пескового отверстия, мм	6
Производительность по питанию, при давлении 0,1 Мпа, м ³ /час, не менее	1,8-3,6
Габаритные размеры, мм	100*100*359
Вес, кг	3

Манометр МПЗ-У_ф, изображенный на рисунке 28, предназначен для измерения и показания избыточного давления рабочей среды.

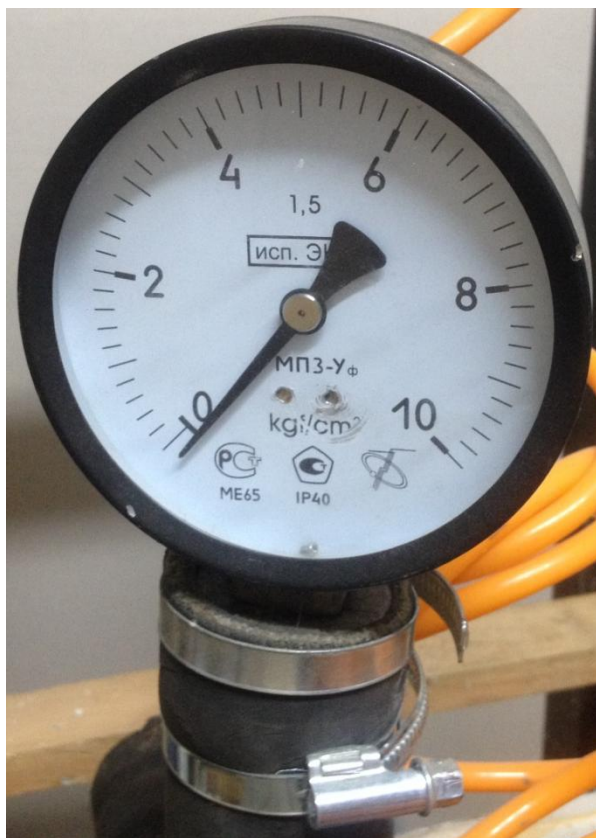


Рисунок 28 - Манометр МПЗ-У_Ф

Данный манометр имеет технические характеристики, указанные в таблице 13.

Таблица 13 - Технические характеристики манометра МПЗ-У_Ф

Наименование характеристики	Значение
Класс точности	1
Диаметр, мм	100
Пределы измеряемого давления	0 - 1...10 МПа

Контактор КМИ-22560 [16], изображенный на рисунке 29, предназначен для запуска, остановки и непрерывной работы электродвигателей. Размыкание и смыкание контактов магнитного пускателя осуществляется с помощью электромагнита.



Рисунок 29 - Контактор КМИ-22560

Данный контактор имеет технические характеристики, указанные в таблице 14.

Таблица 14 - Технические характеристики контактора КМИ-22560

Наименование характеристики	Значение
Номинальное рабочее напряжение переменного тока $U_e, В$	230; 400
Номинальное напряжение изоляции $U_i, В$	660
Номинальное импульсное напряжение $U_{imp}, В$	6000
Номинальный рабочий ток $I_e, А$	25
Условный тепловой ток $I_{th} (t^\circ < 40^\circ), А$	40
Номинальная мощность, кВт	5,5; 11
Номинальная мощность изоляции, кВт	15
Макс. кратковременная нагрузка, А	450
Условный ток короткого замыкания $I_{nc}, А$	3000
Защита от сверхтоков - предохранитель, А	440
Мощность рассеяния при $I_e, Вт$	1,25; 3,2
Частота, ГЦ	50

4.1.3 План проведения эксперимента

Этапы плана проведения эксперимента описаны в таблице 15.

Таблица 15 - Этапы проведения эксперимента

П/П	Наименование этапа	Описание этапа	Ожидаемые результаты
1	2	3	4
1 Подготовка эксперимента			
1.1	Подготовка установки	Убедиться в работоспособности установки и достоверности показаний монотра и расходомеров	Экспериментальная установка работает исправно, герметична.
1.2	Подготовка рабочей жидкости	Приобретение абразивного компонента (песка) и воды для эксперимента	Вода с концентрацией песка до 10%
1.3	Подготовка песковых насадок	Изготовление песковых насадок.	Три песковые насадки из серого чугуна, полиуретана и композита на основе СВМПЭ.
2 Проведение эксперимента			
2.1	Запуск	Включение насоса и компрессора. Установка рабочих параметров.	Отсутствие явных неполадок оборудования
2.2	Наблюдение	Ежедневный осмотр установки и работающего гидроциклона во время проведения эксперимента.	Отсутствие явных неполадок оборудования
2.3	Завершение	Отключение насоса и компрессора. Снятие заготовки. Очистка заготовки от оставшейся рабочей жидкости.	Отсутствие явных неполадок оборудования

1	2	3	4
3 Анализ эксперимента			
3.1	Методы определения абразивного износа	Методом определения абразивного износа устанавливаем интенсивность истирания песковых насадок	Установить зависимость истирания от времени
3.2	Сравнение полученных значений среди материалов	Сравниваем экспериментально полученные интенсивности истирания разных заготовок	Доказать превосходство композита на основе СВМПЭ перед другими материалами

В случае внеплановой ситуации, связанных с возможной недостоверностью результатов, эксперимент на заготовке из определенного материала будет проводиться снова.

После проведения эксперимента, планируются испытания гидроциклона все части которого изготовлен из композита на основе СВМПЭ.

4.1.4 Виды песковых насадок

Для получения необходимого сравнительного анализа требуется провести эксперимент с тремя песковыми насадками, изготовленными из разных материалов.

Первая заготовка изготовлена из полиуретана СКУ-ПФЛ-100, которая представлена на рисунке 30. Данная песковая насадка находилась в комплекте с гидроциклоном.



Рисунок 30 - Песковая насадка из полиуретана СКУ-ПФЛ-100

Технические характеристики материала [17], из которого изготовлена первая песковая насадка, указаны в таблице 16.

Таблица 16 - Технические характеристики полиуретана СКУ-ПФЛ-100

Наименование характеристики	Значение
Твердость по Шору А (D), усл.ед.	95-98
Предел прочности при растяжении, кгс/см ²	350-400
Относительное удлинение при разрыве, %	310-350
Относительное остаточное удлинение после разрыва, %	Не более 10
Условное напряжение при 100% удлинении, кгс/см ²	130-160
Сопротивление раздиру, кгс/см	90-110
Диапазон рабочей температуры, °С	-40 - +80
Износостойкость ГОСТ 23.208-79 мм ³	49
Водопоглощение ГОСТ 409-77 объемные %	1,2 - 2,1

Вторая заготовка изготовлена из серого чугуна СЧ 12-28, который представлен на рисунке 31.



Рисунок 31 - Серый чугун СЧ 12-28

Технические характеристики материала [18], из которого изготовлена вторая песковая насадка, указаны в таблице 17.

Таблица 17 - Технические характеристики серого чугуна СЧ 12-28

Наименование характеристики	Значение
Плотность, г/см ³	7,2
Предел прочности при сжатии, МПа	500
Предел прочности при изгибе, МПа	280
Ударная вязкость, кДж/м ²	3
Модуль упругости, МПа	120000
Изностойкость, г/см ²	0,79

Третья заготовка будет изготовлена из композитного материала на основе СВМПЭ, который представлен на рисунке 32.



Рисунок 32 - Композитный материал на основе СВМПЭ

Технические характеристики материала [19], из которого изготовлена третья песковая насадка, указаны в таблице 18.

Таблица 18 - Технические характеристики композитного материала на основе СВМПЭ

Наименование характеристики	Значение
Плотность, г/см ²	0,93
Предел прочности на разрыве, МПа	48
Относительное удлинение при разрыве, %	350
Модуль упругости при растяжении, при 23 °С, ГПа	0,69
Модуль упругости при растяжении, при -269 °С, ГПа	2,97
Коэффициент трения на стали при сухом трении	0,1-0,2
Коэффициент трения на стали в водной среде	0,05-0,1
Коэффициент трения на стали в масляной среде	0,01-0,08
Температура перехода в пластическое состояние, °С	138-142
Твердость по Шор	62-66
Коэффициент теплового расширения	12x10 ⁻⁶ /°K
Диэлектрическая прочность кВ/см	900
Рабочий температурный диапазон	-200 - +100
Износостойкость ГОСТ 23.208-79 мм ³	18,4
Водопоглощение ГОСТ 409-77 объемные %	-

В таблице 19 указывается взаимодействие композитного материала на основе СВМПЭ с различными видами агрессивных сред.

Таблица 19 - Химическая стойкость композитного материала на основе СВМПЭ

Реагент	Температура		
	20°C	50°C	80°C
Неорганические кислоты			
Хромовая кислота (80%)	+	+	
Соляная кислота (конц.)	+	+	+
Синильная кислота	+	+	
Плавиковая кислота	+	+	
Азотная Кислота (конц.)	-	-	-
Азотная Кислота (50%)		-	-
Азотная Кислота (20%)	+	+	
Фосфорная Кислота (85%)	+	+	+
Серная Кислота (конц.)	+	-	-
Серная Кислота (75%)	+	+	+
Щелочи			
Жидкий аммиак	+	+	
Раствор гидроксида калия	+	+	+
Раствор каустической соды	+	+	+
Водные растворы неорганических солей			
Хлорид алюминия	+	+	+
Нитрат аммония	+	+	+
Хлорная известь	+	+	+
Хлорид кальция	+	+	+
Карбонат натрия	+	+	+
Хлорид натрия	+	+	+
Гипохлорит натрия	+	+	+
Дизельное топливо	+	+	
n-Гептан	+	+	
Эфир нефти	+		
Трихлорэтилен	/	-	
Толуол	/	-	
Уайт-спирит	+	/	
Ксилол		/	-
Спирты, Кетоны, сложные эфиры и амины			
Ацетон	+	+	
Анилин	+	+	
Бензиловый спирт	+	+	+
Бутиловый спирт	+	+	+
Циклогексанол	+	+	+
Этанол	+	+	
Этиленгликоль	+	+	+

4.1.5 Вывод

После модификации, экспериментальная установка будет соответствовать необходимым рабочим параметрам, рассчитанным в пункте 3.1.

Установив необходимую производительность и давление, эксперимент будет приближен к рабочему процессу гидроциклона.

4.2 Технология изготовления песковых насадок

Из необходимых трех песковых насадок для проведения эксперимента, приобретена песковая насадка из полиуретана СКУ-ПФЛ-100. Песковые насадки из серого чугуна СЧ 18-28 и из композитного материала на основе СВМПЭ необходимо изготовить.

4.2.1 Технология изготовления песковой насадки из чугуна СЧ 18-28

4.2.1.1 Разработка маршрутной технологии механической обработки детали

Базовой исходной информацией для проектирования технологического процесса служат: рабочие чертежи деталей, технические требования.

Для разработки технологического процесса обработки детали требуется предварительно изучить ее конструкцию и проконтролировать чертеж.

Маршрутную технологию разрабатывают, выбирая технологические базы и схемы базирования для всего технологического процесса. Выбирают две системы баз: основные и черные базы, используемые для базирования при обработке основных баз.

Операция 005; 010 – Токарная. Данные операции выполняются на токарно-винторезном универсальном станке 16к20, изображенном на рисунке

33. Он предназначен для выполнения различных токарных работ и нарезания резьбы.

На данных операциях обрабатываются все поверхности детали. Обрабатываемая деталь устанавливается в патроне. Марка материала режущей кромки – твердый сплав Т5К10.

При обработке конусной поверхности укреплять конусную линейку не нужно. Достаточно повернуть верхние салазки суппорта. Ход резцовых салазков достаточен для обработки данной детали.



Рисунок 33 - Токарно-винторезный универсальный станок 16к20

4.2.1.2 Разработка операционной технологии механической обработки детали

Операция 005 – Токарная.

Данная операция состоит из следующих переходов:

- установить и закрепить деталь;
- точить цилиндрические поверхности;
- подрезать торцы;
- точить внутреннюю коническую поверхность;
- снять деталь.

Операция 010 – Токарная.

Данная операция состоит из следующих переходов:

- установить и закрепить деталь;
- точить внешнюю коническую поверхность;
- подрезать торцы;
- снять деталь.

4.2.1.3 Теоретическая схема базирования

Базирование деталей – процесс придания заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

Основные принципы базирования:

1. Принцип совмещения баз: если измерительная и технологическая базы и измеряемого размера совпадают, то погрешность базирования для данного размера равна 0.
2. Принцип последовательной смены баз: использовать дважды одну и ту же «черную» базу при механической обработке запрещается.
3. Принцип постоянства баз: при механической обработке желательно использовать одну и ту же «чистую» базу.

Расстановка баз, для операции 005 токарная, изображена на рисунке 34.

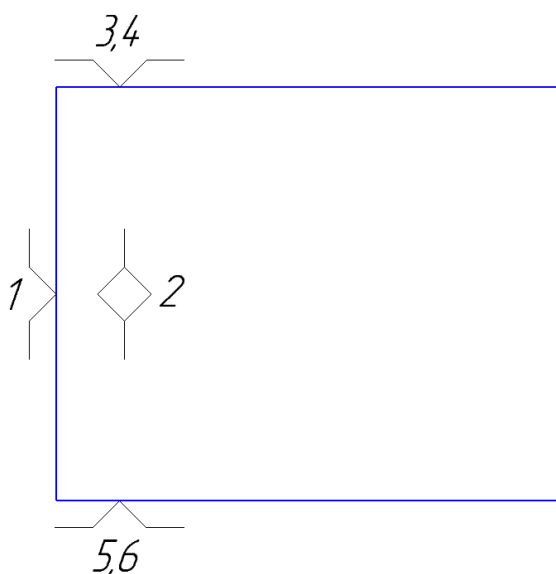


Рисунок 34 - Расстановка баз для операции 005 токарная
1 и 2 – опорные базы; 3, 4 и 5, 6 – двойные направляющие базы.

Расстановка баз, для операции 010 токарная, изображена на рисунке 35.

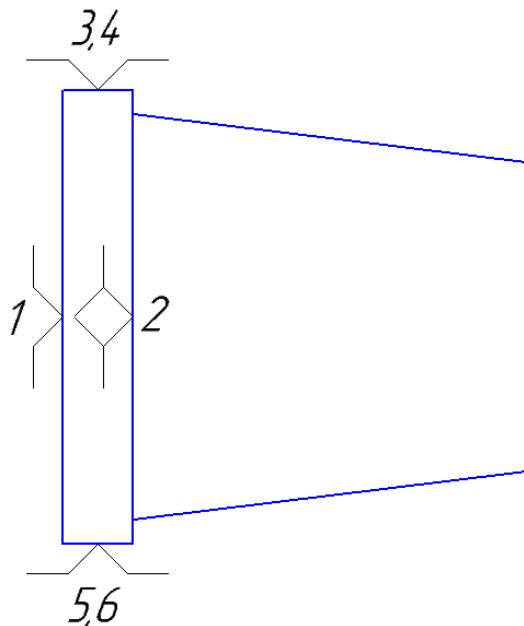


Рисунок 35 - Расстановка баз для операции 005 токарная при втором установе.

1 и 2 – опорные базы; 3, 4 и 5, 6 – двойные направляющие базы.

4.2.1.4 Вывод

Разработан технологический процесс изготовления песковой насадки из серого чугуна СЧ 18-28. Этот процесс включает в себя разработку чертежей заготовки, маршрута обработки, схем операционных наладок на операции, отраженные в маршруте обработки.

4.2.2 Технология изготовления песковой насадки из композитного материала на основе СВМПЭ

Для получения насадки из композитного материала на основе СВМПЭ необходимо получить заготовку и обработать ее аналогичным методом, представленным в п. 4.2.1 настоящей работы.

Для создания заготовки нам необходимы:

1. Композиция на основе СВМПЭ
2. Технологическая установка для спекания материала.

4.2.2.1 Технологическая установка для спекания композитных полимерных материалов

Гидравлический пресс — это простейшая гидравлическая машина, предназначенная для создания значительных сжимающих усилий.

Состав элементов гидравлического пресса:

Пресс, изображенный на рисунке 36, является агрегатом, к которому подводится напряжение для спекания и гидравлическое усилие.



Рисунок 36 – Пресс

Данный пресс перед изготовлением был рассчитан и проверен на прочность с использованием метода конечных элементов в программе ANSYS. Твёрдотельная модель разработанного гидравлического пресса изображена на рисунке 37, а результаты расчёта на прочность конструкции при нагрузке в 100 тонн представлены на рисунках 38 и 39. Трапецеидальная резьба на шпильках была рассчитана в соответствии ГОСТ 9484-81.

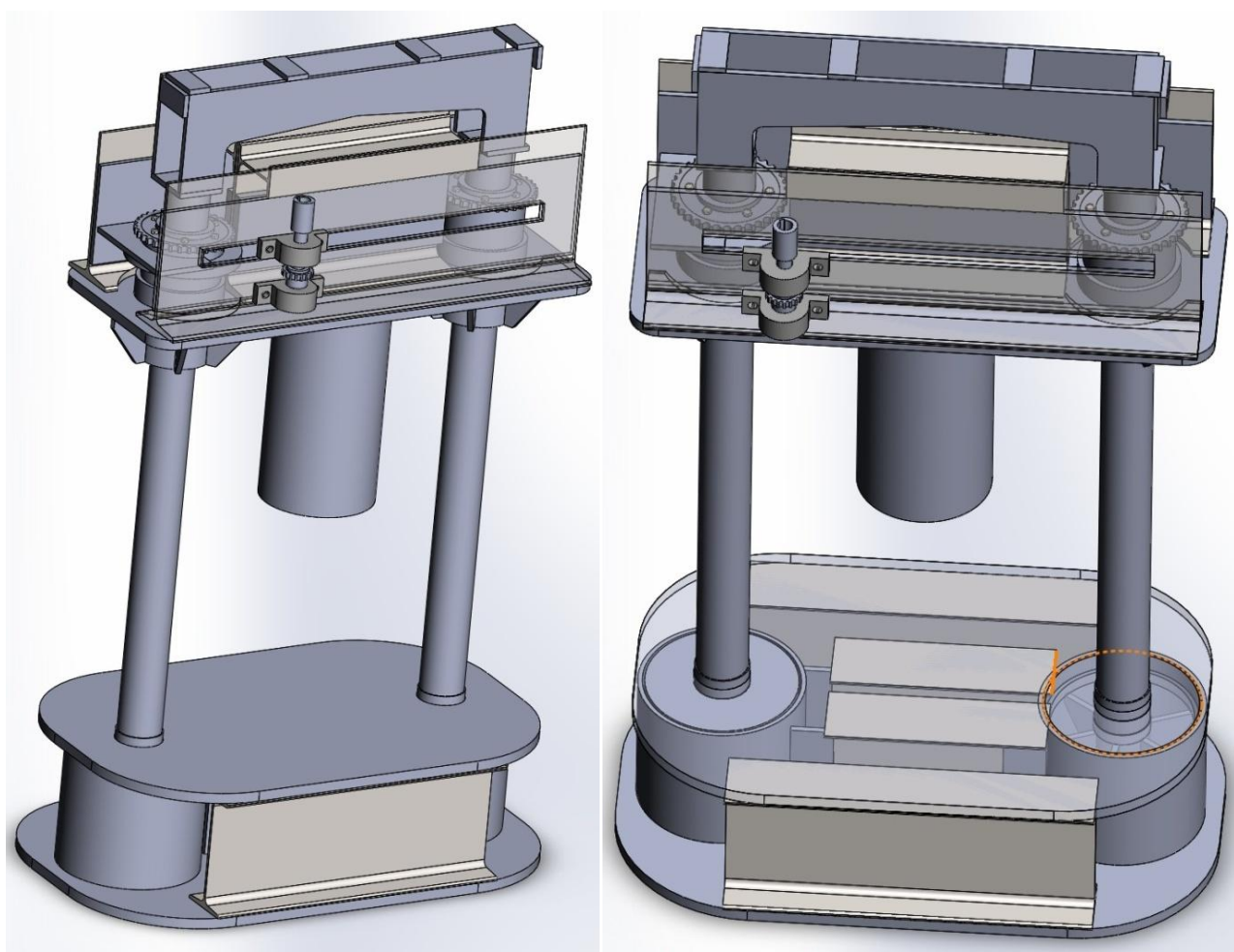


Рисунок 37 – Твёрдотельная модель гидравлического пресса

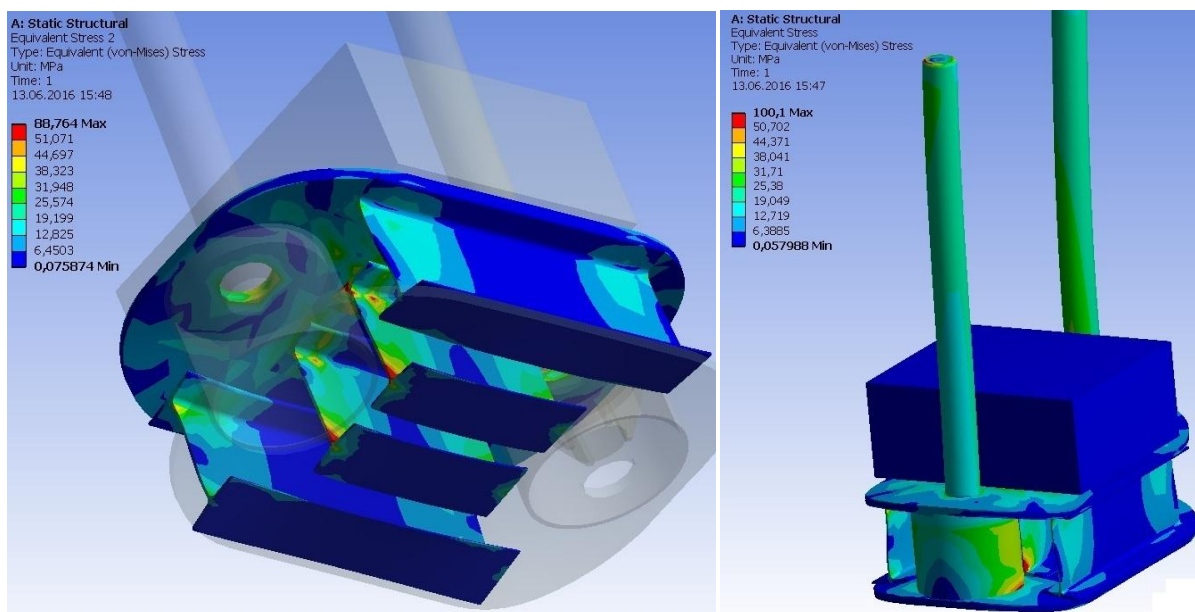


Рисунок 38 - Результаты расчета на прочность основания пресса в программе ANSYS

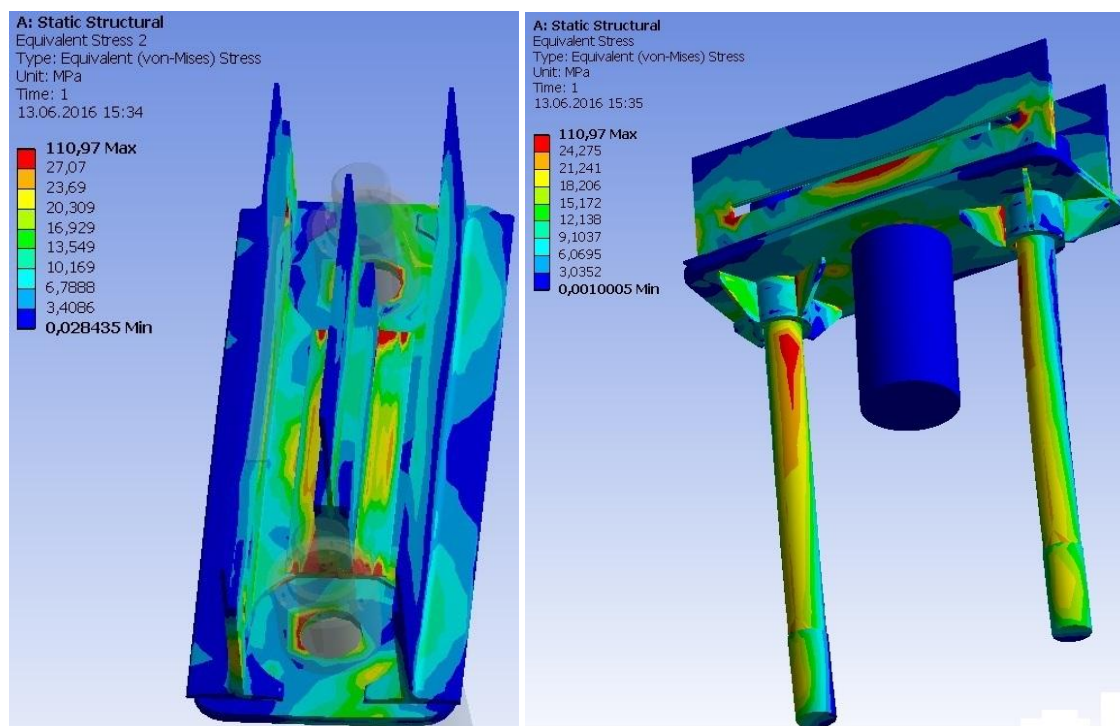


Рисунок 39 - Результаты расчета на прочность каретки пресса в программе ANSYS

Спекание материала происходит за счет обогрева пресс-формы тэнами, находящимися внутри емкости для ее установки.

Электрический ТЭН представляет собой нихромовую проволоку скрученную в спираль с изолирующим керамическим материалом.

Для того чтоб установить необходимую мощность на обогрев и исключить перегрузку в однофазной сети произведем расчет необходимой длины и диаметра спиралей.

За начальные данные расчета были приняты данные представленные в таблице 20.

Таблица 20 – Исходные данные

Параметры	Значение
Q, кВт	2,5
U _{сети} , В	220
R _{уд.нихр} , Ом·м	1,15
d _{пров} , мм	0,9
ρ _{нихр} , кг/м ³	8500

В результате расчета установлено (Таблица 21):

Таблица 21 – Расчетные данные

Параметры	Значение
l _{пров} , м	10,71
d _{спир} , мм	5,4
МВР, мм	1,8...2,25

Рабочая температура сохраняется в определенном интервале за счет двухканального измерителя - регулятора 2ТРМ1 представленного на рисунке 40. Общие технические характеристики представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Общие технические характеристики 2ТРМ1

Наименование характеристики	Значение
Напряжение питания	Универсальное питание ~90...264 В, 47...63 Гц или = 20...375 В
Потребляемая мощность	Не более 7 ВА
Напряжение встроенного источника питания нормирующих преобразователей	24±3 В
Максимально допустимый ток источника питания	80 мА

Работает измеритель – регулятор двухканальный 2ТРМ1 по типовой функциональной схеме, представленной на рисунке 40.



Рисунок 40 – Измеритель – регулятор двухканальный 2TRM1

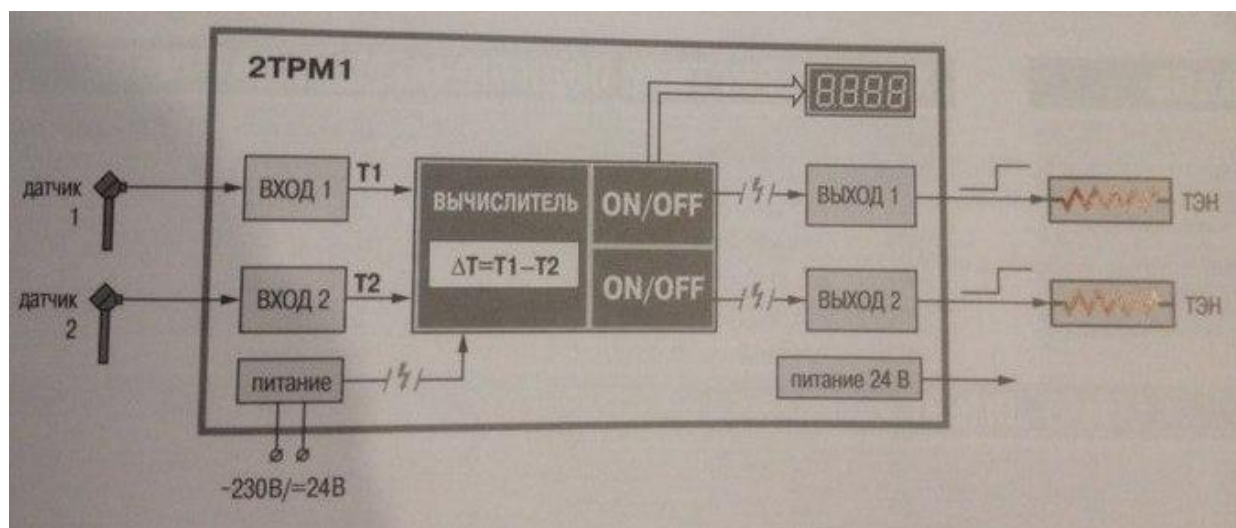


Рисунок 41 – Типовая функциональная схема 2TRM1

Датчиком, отправляющим входной сигнал, является хромель алюмелевая термопара (Тип К), представленная на рисунке 42. Диапазон рабочих температур, которого варьируется от -200 до 1200°C.

Выходной сигнал поступает на реле, замыкающие и размыкающие электрическую цепь с тэнами при минимальном и максимальном температурных порогах соответственно.



Рисунок 42 - Хромель алюмелевая термопара (Тип К)

Необходимое сжимающие усилие в процессе прессования создает гидроцилиндр LUCAS, представленный на рисунке 43, за счет давления рабочей жидкости подаваемой от насосной станции.

Данный гидроцилиндр одностороннего действия, возвращает пустотелый плунжер в исходное состояние с помощью пружины. Рабочим давлением гидроцилиндра считается диапазон от 0 до 500 бар.

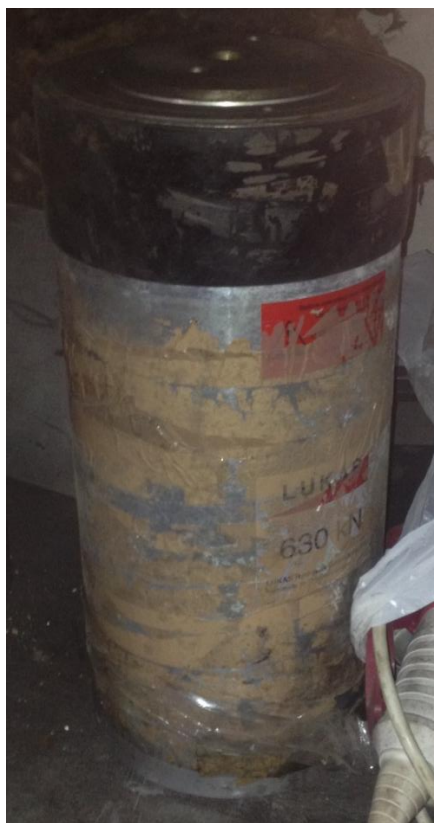


Рисунок 43 - Гидроцилиндр

4.2.2.2 Насосная станция

Масляная насосная станция, представленная на рисунке 44, предназначена для нагнетания гидравлической жидкости под давлением в рабочие полости исполнительных механизмов. Рабочей жидкостью, которой, является гидравлическое масло ВМГЗ. Технические характеристики данного масла представлены в таблице 23.

Таблица 23 - Технические характеристики гидравлического масла ВМГЗ

Наименование характеристики	Значение
Кинематическая вязкость, $\text{м}^2/\text{с}$ при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, не менее	10,0
Кинематическая вязкость, $\text{м}^2/\text{с}$ при $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, не более	1500
Температура вспышки в открытом тигле, $^{\circ}\text{C}$, не ниже	135
Температура застывания, $^{\circ}\text{C}$, не выше	-60
Индекс вязкости, не менее	160
Плотность при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{кг}/\text{м}^3$, не более	650



Рисунок 44 - Масляная насосная станция

Состав элементов масляной насосной станции:

Асинхронный электродвигатель АИР112М-4 [14], изображенный на рисунке 45, предназначен для преобразования электрической энергии в механическую для вращения вала, который через пальцевую муфту с упругим элементом передает вращательное движение валу аксиально-поршневого насоса БК2.960.386 (рисунок 46).



Рисунок 45 - Асинхронный электродвигатель АИР112М-4

Данный асинхронный электродвигатель АИР112М-4 имеет технические характеристики, указанные в таблице 24.

Таблица 24 - Технические характеристики асинхронного электродвигателя АИР112М-4

Наименование характеристики	Значение
Мощность, кВт	5,5
Об/мин.	1500
Напряжение, В	380
Ток при 380В, А	11,3
КПД, %	85,5
Коэф. мощн.	0,86
Момент инерции, кгм ²	7
Масса, кг	45

Аксиально-поршневой нерегулируемый насос с наклонным блоком, двойным не силовым карданом БК2.960.386 [14], изображенный на рисунке 46, предназначен для преобразования механической энергии асинхронного электродвигателя АИР112М-4 в механическую энергию движения рабочей жидкости поступающей из расширительно бака и создает необходимое давление для сжимающего усилия создаваемого гидроцилиндром.



Рисунок 46 - Аксиально-поршневой насос БК2.960.386

Данный насос имеет технические характеристики, указанные в таблице 25.

Таблица 25 - Технические характеристики консольного аксиально-поршневой насос БК2.960.386

Наименование характеристики	Значение
Номинальный рабочий объем, см ³	16
Номинальная частота вращения, об/мин	1500
Номинальная подача, л/мин	24
Давление на выходе, МПа (кгс/см ²):	
Номинальное	16 (160)
Максимальное	32 (320)
Давление на входе, МПа (кгс/см ²):	
Минимальное	0,08 (0,8)
Максимальное	0,5 (5)
Максимальное давление дренажа, МПа (кгс/см ²)	0,1 (1)
Гидромеханический КПД, %, не менее	94
КПД, %, не менее	89,3
Масса, кг, не более	8
Номинальная эффективная мощность, кВт	5,6
Момент инерции вращающихся масс, Н·см·с ²	0,1275

Рабочая жидкость после нагнетания аксиально-поршневым насосом, но перед попаданием в гидроцилиндр проходит через гидравлический распределитель.

Гидравлический распределитель (гидрораспределитель) — устройство, предназначенное для управления гидравлическими потоками в гидравлической системе с помощью внешнего воздействия (сигнала).

Гидравлический распределитель направляет потоки рабочей жидкости. Гидравлическая схема, используемая в данной масляной насосной станции, изображена на рисунке 47.

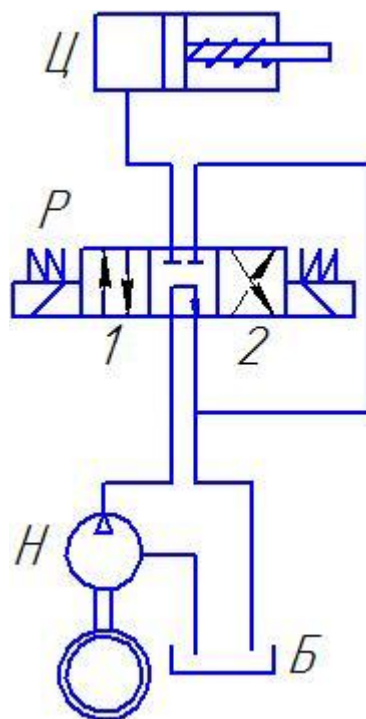


Рисунок 47 - Гидравлическая схема масляной насосной станции

В нейтральном положении распределителя (Р) жидкость от насоса (Н) к гидроцилиндру (Ц) не поступает, и идёт на слив в расширительный бак (Б). Если переместить запорно-регулирующий элемент гидрораспределителя в положение 1, то рабочая жидкость поступает в поршневую полость гидроцилиндра и поршень движется вправо. В нейтральном положении распределителя поршень гидроцилиндра сохраняет давление созданное насосом, а нагнетаемая жидкость идёт на слив в бак. Чтобы поршень гидроцилиндра начал движение влево (по схеме), оператору необходимо переместить распределитель в положение 2.

В данной схеме используется трехходовой гидравлический распределитель WE10DB 09C 0240 с автоматизированным управлением, изображенный на рисунке 48.

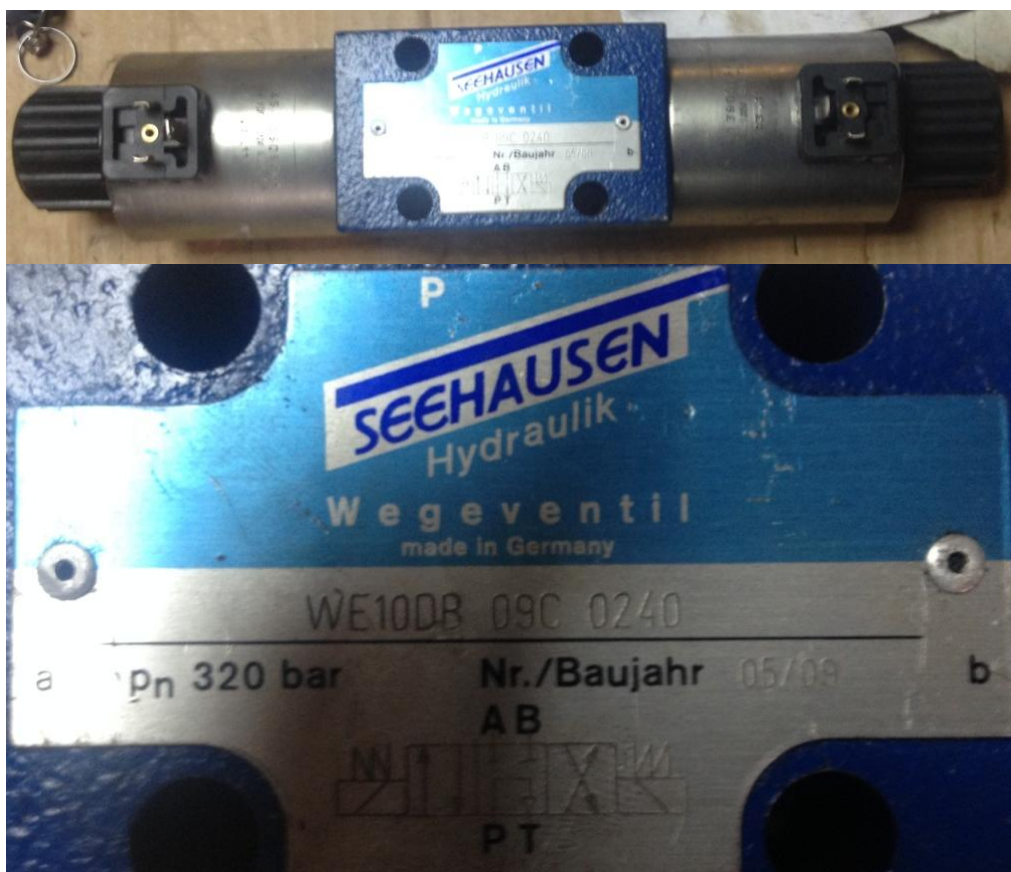


Рисунок 48 - Гидравлический распределитель WE10DB 09C 0240

4.2.2.3 Вывод

Разработан технологический процесс получения песковой насадки, разработано и изготовлено технологическое оборудование для получения полимерных композитных заготовок.

4.3 Методы определения износа

Методы определения износа делятся на две группы: периодического измерения деталей, образующих соединение, и косвенным путем при испытании машины без ее остановки.

Испытания на трение и износ в общем виде можно проводить следующими методами.

4.3.1 Метод микрометража

Методы определения износа периодическим измерением деталей определяют микрометрическими измерениями. Чаще всего его используют при больших абсолютных величинах износа деталей. Он основан на измерении детали до и после испытания на изнашивание.

Точность измерений обычно составляет 0,01...0,001 мм.

В качестве средств при оценке износа методом микрометража применяются концевые меры длины, микрометры, индикаторные нутрометры, рычажные скобы, рычажно-механические приборы, рычажно-оптические приборы, инструментальные и универсальные микроскопы.

4.3.2 Массовый метод

По потере массы — этот метод обычно применяется для определения износа небольших деталей их взвешиванием до и после изнашивания.

Точность этого метода зависит от точности весов.

Потерю массы не рекомендуется измерять в тех случаях, когда размеры детали меняются не только вследствие отделения от нее частиц материала, но и из-за пластического деформирования, а также при определении износа деталей, изготовленных из пористых материалов, пропитываемых жидкостью.

В качестве средств измерения используют различные весы: приборные ПР-500, аналитические ВА-200, АДВ-200М, технические, настольные, закрытые ВНЗ-3 и др.

4.3.3 Метод по содержанию продуктов износа в рабочей среде

Измерение износа испытания без остановки машины производят несколькими способами: — по содержанию продуктов износа в рабочей среде.

Заключается он в том, что продукты, собирают, отбирают из них пробу и судят об износе.

4.3.4 Метод радиоактивных изотопов

Метод измерения износа с помощью радиоактивных изотопов.

Суть этого метода заключается в том, что в исследуемый образец вводят радиоактивный изотоп сурьмы, вольфрама или кобальта. При износе образец омывается смазкой, которая уносит продукты износа вместе с радиоактивным изотопом. Проходя через счетчик элементарных частиц, измеряющих нарастающую по мере износа радиоактивность смазки, накапливающийся в масле изотоп дает возможность судить об износе.

4.3.5 Обзор методов

Метод радиоактивных изотопов является наиболее точным методом дающий, наиболее точное понимание об износе детали. Однако применение данного метода для изучения материалов, основой которых служат сверхвысокомолекулярные полиэтилены, точных измерений не даст по причине их хорошей устойчивости к радиации с высокой энергией поглощения (гамма - и рентгеновские лучи), к тому же реализация данного метода сложна из экономических соображений в данном случае.

Метод микрометража и метод по содержанию продукта в рабочей среде, предоставят некорректные данные из-за отсутствия больших величин износа.

Наиболее подходящим методом для данных задач является массовый.

4.3.6 Используемая аппаратура

В качестве средств измерения будут использоваться весы ВЛЭ-623СІ изображенные на рисунке 49.



Рисунок 49 - Лабораторные весы ВЛЭ-623СІ

Данные весы обладают техническими характеристиками, указанными в таблице 23.

Таблица 23 - Технические характеристики лабораторных весов BM313.

Наименование характеристики	Значение
Наибольший предел взвешивания, г	620
Дискретность, г	0,001
Калибровка	самокалибровка
Размер чаши / платформы весов, мм	108x105
Наименьший предел взвешивания, г	0,1
Цена поверочного деления, мг	10
Пределы допускаемой погрешности при первичной поверке, мг	от 0,1г до 500г вкл. ± 5 ; св. 500г до 620г вкл. ± 10
Класс точности согласно ГОСТ OIML R 76-1-2011	I специальный
Юстировочная гиря	встроенная
Время установления показаний, с, не более	1,5-2,5

4.3.6 Вывод

В четвертой главе разработаны:

—экспериментальная установка;

—оборудование для создания заготовок из композитного материала на основе СВМПЭ;

—технологический процесс изготовления песковых насадок из серого чугуна СЧ 18-28 и композитного материала на основе СВМПЭ.

Утвержден метод определения износа для установления интенсивности истирания материалов, используемых в эксперименте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель данной работы произвести модернизацию гидроциклона за счет использования нового композитного материала на основе СВМПЭ.

Обзор и анализ конструкций и материалов показал, что исследования в области использования новых материалов обусловлены увеличением надежности и повышения срока службы работы гидроциклонной установки. Что доказывает важность и актуальность затрагиваемой темы.

Выбрав основного конкурента на рынке среди материалов, представлена сравнительная характеристика и указаны преимущества композитного материала на основе СВМПЭ перед другими.

Для экспериментального подтверждения теоретических обоснований. Решено провести эксперимент. Для этого разработана экспериментальная установка, оборудование для создания заготовок из композитного материала на основе СВМПЭ, технологический процесс изготовления песковых насадок из серого чугуна СЧ 18-28 и композитного материала на основе СВМПЭ. Рассчитаны рабочие параметры экспериментальной установки подобные рабочим параметрам гидроциклона используемого на месторождении «Ванкор».

Эксперимент будет проводиться в соответствие плана, описанного в пункте 4.1.2, и с помощью массового метода определения износа, описанного в пункте 4.3.5.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мохов М.А. Краткий электронный справочник по основным нефтегазовым терминам с системой перекрестных ссылок. — М.: Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина/ М.А. Мохов, Л.В. Игrevский, Е.С. Новик. 2004.
2. Булатов А.И. Бурение нефтяных и газовых скважин./ Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. ООО «Недра-Бизнесцентр» 2003-214с.
3. Ларин И.И. Канализация населенных мест и промышленных предприятий/Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С, А. Хаскин и др.; Под общ. ред. В. Н. Самохина. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1981. — 639 с.
4. Учебное пособие Под редакцией А.Г. Лаптева Казань 2012 УДК 66.063.62 ББК 35. Б Рецензенты: В.Л. Федяев – д.т.н., профессор М.И. Фарахов – д.т.н., профессор Б М.М. Башаров, О.А. Сергеева Устройство и расчет гидроциклонов: учебное пособие. Под ред. А.Г. Лаптева. – Казань: Вестфалика, 2012 – 92 с.
5. Пат. 1740078 Российская Федерация. Турбоциклон/ В.В.Назаренко, А.И.Денисенко, П.И.Пилов, В.Н.Проняга, А.А.Христов, А.А.Ширяев, Д.Ф.Сергеев; заявл.: 06.03.1990; опубл.: 15.06.1992, Бюл. №22– 3 с
6. Пат. 2479811 Франция. Способ противозрозионного футерования стенки, противозрозионная футеровка и ее применение/ Л.М.Леаль, А.Бельгази, Ж.Лапалю; заявитель и патенто-обладатель: Тоталь Рафинаж Маркетинг; заявл.: 12.12.2008; опубл.: 20.04.2013, Бюл. № 11– 2 с.
7. ООО «Маршалит» [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://alumina.com.ua/>
8. Пат. 2479811 СССР. Футеровка гидроциклона/ В.Г.Кравченко, М.Н.Касицын, Л.П.Зарогатский; заявитель и патенто-обладатель: Дзержинский ордена Ленина горно-металлургический.. комбинат им. К. И. Сатпаева и Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-

исследовательский и проектный институт механической обработки; заявл.: 05.11.1980; опубл.: 30.10.1982, Бюл. № 40– 3 с.

9. Википедия [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>

10. ООО «Интропласт» [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://introplast.all.biz/>

11. Бауман А.В. Гидроциклоны. Теория и практика. : – Новосибирск, Гормашэкспорт, 2012. – 56 с.

12. Derrick Corporation [электронный ресурс]. Режим доступа: http://producerssupplyco.com/wp-content/uploads/2015/08/1-Solids-Control-Catalog_New.pdf

13. Поваров А.И. Гидроциклоны на обогатительных фабриках. М., «Недра», 1978, 232 с.

14. Компания ПО Электромотор [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://electronpo.ru/>

15. ООО «Завод сплавов» [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.zko-ural.com/>

16. Группа компаний ИЕК [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iek.ru/>

17. ООО «Фирма Элмика» [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elmica.ru/>

18. Белошицкий А.М. Износостойкие трубопроводы с алюмотермическим покрытием на основе корунда А.М. Белошицкий, Е.Н. Ильин, А.С. Прокопьев, ООО «Энергохимкомплект», г. Челябинск, Россия Ф.Л. Мантуров, ОАО «Челябинский цинковый завод», г. Челябинск, Россия

19. Селютин Г.Е. - «Композиционные материалы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена: свойства, перспективы использования».- 2010г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А